

ÉVILLE KARINA MACIEL DELGADO RIBEIRO

**FENOLOGIA E ATRIBUTOS REPRODUTIVOS DE ESPÉCIES OCORRENTES EM
RESTINGA NO MARANHÃO**

RECIFE

2011

ÉVILLE KARINA MACIEL DELGADO RIBEIRO

**FENOLOGIA E ATRIBUTOS REPRODUTIVOS DE ESPÉCIES OCORRENTES EM
RESTINGA NO MARANHÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Biologia Vegetal da Universidade Federal de
Pernambuco como parte dos requisitos necessários
à obtenção do título de Doutor em Biologia
Vegetal.

Orientadora: Prof^ª Dr^a Isabel Cristina Machado

Coorientadora: Prof^ª Dr^a Márcia Maria Rêgo

RECIFE

2011

Ribeiro, Éville Karina Maciel Delgado

Fenologia e atributos reprodutivos de espécies ocorrentes em restinga no Maranhão/ Éville Karina Maciel Delgado Ribeiro. – Recife: O Autor, 2011.

107 folhas : il., fig., tab.

Orientadora: Isabel Cristina Machado

Co-orientadora: Márcia Maria Rêgo

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Biologia Vegetal, 2011.

Inclui bibliografia e anexos

1. Plantas- fenologia 2. Plantas- reprodução 3. Restingas I. Título.

580

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2011-195

ÉVILLE KARINA MACIEL DELGADO RIBEIRO

“FENOLOGIA E ATRIBUTOS REPRODUTIVOS
DE ESPÉCIES OCORRENTES EM RESTINGA NO
MARANHÃO”.

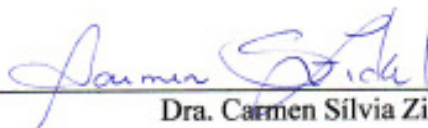
BANCA EXAMINADORA:



Dra. Isabel Cristina Sobreira Machado (Orientadora) – UFPE



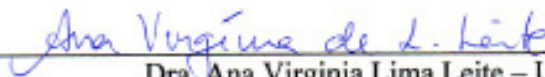
Dra. Ariadna Valentina de Freitas e Lopes – UFPE



Dra. Carmen Silvia Zickel - UFRPE



Dra. Elisangela Lucia de Santana Bezerra - UFPE



Dra. Ana Virginia Lima Leite – UFRPE

Recife- PE
2011

Agradecimentos

Agradeço a Deus, fonte de todas as coisas, que nos proporcionou a oportunidade de apreciar a natureza e tentar desvendá-la;

A Profa. Dra. Isabel Machado pela orientação, pela paciência e, acima de tudo, pela compreensão nos momentos de finalização deste trabalho;

A Profa. Dra. Márcia Rêgo, pela orientação;

A Profa. Dra. Patrícia Morellato, por me receber no Laboratório de Fenologia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, proporcionando-me conhecimentos sobre Fenologia e Estatística Circular;

A Profa. Dra. Tarcila Nadia pelos diversos “socorros” prestados;

A Profa. Dra. Ariadna Lopes, Profa. Dra. Elisangela Bezerra, Profa. Dra. Tarcila Nadia e Dra. Mellissa Sobrinho pelas valiosas sugestões durante o exame de qualificação;

Aos amigos do Laboratório de Fenologia da Unesp/Rio Claro: Eliana Glessner, Luis Alberti, Maria Gabriela Camargo (pela ajuda com as análises), Milene Eigenheer, , Natália Costa e Nathália Miranda, pelas valiosas discussões e pelos momentos de descontração. Em especial as “FenoGirls” por todos os momentos divertidos;

A Universidade Federal de Pernambuco, pela bolsa empréstimo concedida no primeiro ano do Doutorado e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelas bolsas dos anos seguintes;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento de parte do projeto de pesquisa;

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE, pelo Auxílio Mobilidade Discente concedido;

A Hildebrando da Silva, assistente em administração do PPGBV, que, apesar do “famoso” mau humor crônico, que eu prefiro chamar de mau humor “cômico”, sempre foi muito prestativo e atencioso;

A Manoel Nascimento pela permissão de trabalhar em sua propriedade;

A Universidade Federal do Maranhão por permitir o uso do Laboratório de Estudos sobre Abelhas para minhas atividades;

A Família Rocha (Sr. Emilio, Sra. Zita, Manuel, Manoel José, Zilma e Zita, além dos pequenos lindos), que me acolheu como se eu fizesse parte dela, e a quem devo muito, pois sua companhia foi imprescindível para a execução deste trabalho;

A todos os colegas do Laboratório POLINIZAR da Universidade Federal de Pernambuco;

A Alessandra Bastos, Halana Brandão, Laís Borges e Mellissa Sobrinho, por me acolherem diversas vezes em sua casa durante o início do Doutorado;

A Bruno Maciel e Marina Massaro, por me receberem em sua casa durante o estágio em Rio Claro. E a Leona, pela companhia;

A Segundo Novaes, que entrou na minha vida e fez uma “reviravolta”. Que me faz ver o mundo de outras maneiras todos os dias, que não me deixa cair na monotonia e que, com tudo que me proporciona, faz-me ser uma pessoa melhor. Agradeço também a sua família, que hoje, com certeza, é um pouco minha também;

A amiga Laís Borges, minha “Sinhá”, pessoa generosa que fez meus dias em Recife se tornarem tão especiais! (Cozinhar, lavar, passar, ser cabeleireira e manicure nunca foi tão prazeroso! rs). Ao seu pai, Luiz Pinheiro e sua mãe, Celeste, que me acolheram tão bem durante todo esse tempo e sempre me trataram com muito carinho;

As amigas Gisele Garcia, Lucilene Silva, Márcia Maciel e Suzanna Silva, que estão na minha vida há anos e que não medem esforços para me ajudar;

Ao amigo Jaderson Oliveira que, apesar de não entender nada do que eu fazia, acompanhou a maior parte do meu trabalho e me ajudou diversas vezes;

A toda a minha família pelo exemplo de união;

Especialmente aos meus pais, David e Lucia Ribeiro, meus maiores incentivadores e a minha irmã Carol, que apesar das inúmeras discussões bobas, sei que está sempre disposta a me ajudar e pela qual eu estou disposta a brigar! Saibam que vocês são a fonte de energia que me faz seguir adiante sempre. Amo vocês!

*“Nada é veneno, tudo é veneno.
A diferença está na dose.”*

Paracelso

Índice

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
APRESENTAÇÃO	01
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	03
1. Fenologia em ecossistemas Neotropicais	04
2. Síndromes de polinização e sistemas sexuais com ênfase em ecossistemas Neotropicais	08
Referências Bibliográficas	13
MANUSCRITO 1	
Padrões Fenológicos nos diferentes Hábitos de Vegetação de Restinga no Nordeste do Brasil	21
MANUSCRITO 2	
Atributos florais, síndromes de polinização e sistemas sexuais de espécies ocorrentes em Restinga no Maranhão, Nordeste do Brasil	56
CONCLUSÕES	91
RESUMO	93
ABSTRACT	95
ANEXOS (Normas dos Periódicos Biotropica e Flora)	97

Lista de Figuras

MANUSCRITO 1

- Fig. 1.** Diagrama climático para a região de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil, no período de 1988 a 2008, segundo Walter (1986). Zona com traços: período úmido; zona pontilhada: período seco; zona preta: período super úmido, com precipitação superior a 100 mm por mês 50
- Fig. 2.** Fatores ambientais e fenologia das espécies da restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil, de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010. A: Temperatura média (linha contínua), máxima e mínima (linha pontilhada) e precipitação (barras cinzas). B-D: Porcentagem de indivíduos nas fenofases estudadas para a comunidade vegetal. Área sombreada representa estação chuvosa 51
- Fig. 3.** Porcentagem de indivíduos em botão (linha tracejada) e antese (linha contínua), no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, na restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. A – árvores, B – arbustos, C – ervas e D – trepadeiras. Área sombreada representa estação chuvosa 52
- Fig. 4.** Porcentagem de indivíduos com frutos verdes (linha tracejada) e frutos maduros (linha contínua), no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, na restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. A – árvores, B – arbustos, C – ervas e D – trepadeiras. Área sombreada representa estação chuvosa 53
- Fig. 5.** Porcentagem de indivíduos em queda (linha tracejada) e brotamento de folhas (linha contínua), no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, na restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. A – árvores, B – arbustos e C – ervas. Área sombreada representa estação chuvosa 54
- Fig. 6.** Histogramas circulares da frequência mensal média de indivíduos fenofases floração, frutificação e brotamento em uma vegetação de restinga em Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. A- árvores, B- arbustos, C- ervas e D- trepadeiras 55

MANUSCRITO 2

Fig. 1. Diagrama climático para a região de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil, no período de 1988 a 2008, segundo Walter (1986). Zona com traços: período úmido; zona pontilhada: período seco; zona preta: período super úmido, com precipitação

superior a 100 mm por mês	85
Fig. 2. Frequência de cores nas espécies (■) e indivíduos (■) ocorrentes na restinga de Barreirinhas, Maranhão	86
Fig. 3. Porcentagem de espécies (■) e indivíduos (■) para cada tipo floral ocorrente na restinga de Barreirinhas, Maranhão	87
Fig. 4. Porcentagem de recursos florais em espécies (■) e indivíduos (■) da restinga de Barreirinhas, Maranhão	88
Fig. 5. Distribuição das síndromes de polinização entre as espécies (■) e indivíduos (■) observados na restinga de Barreirinhas, Maranhão	89
Fig. 6. Distribuição temporal de recursos florais (▨ néctar, ■ pólen, ▨ odor, □ óleo e ■ resina) em indivíduos da restinga de Barreirinhas, Maranhão, Nordeste do Brasil, no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010. A – árvores, B – arbustos, C – ervas, D – trepadeiras e E – comunidade total	90

Lista de Tabelas

MANUSCRITO 1

- Tabela 1.** Lista das espécies observadas na restinga de Barreirinhas, MA, nordeste do Brasil. N = número de indivíduos, arb = arbusto, arv = árvore, erv = erva, trep = trepadeira, D= decídua, SD= semidecídua, SV= sempre-verde 40
- Tabela 2.** Correlação de Spearman (r_s) entre o dados climáticos (temperatura e precipitação) e as fenofases dos diferentes hábitos ocorrentes em uma vegetação de restinga em Barreirinhas, MA, nordeste do Brasil. Temp= temperatura; precip. 0= precipitação no mês de ocorrência da fenofase; precip. 1= precipitação do mês anterior. Asteriscos indicam diferenças significativas ($p<0,05$) 43
- Tabela 3.** Resultados da estatística circular para ocorrência de sazonalidade nos picos diferentes fenofases na comunidade e em diferentes hábitos ocorrentes em vegetação de restinga em Barreirinhas, MA, nordeste do Brasil 45
- Tabela 4.** Resultados do teste de Watson-Williams (F) para comparação dos ângulos médios entre as fenofases dos diferentes hábitos ocorrentes em vegetação de restinga em Barreirinhas, Maranhão. Asteriscos indicam diferenças significativas ($p<0,05$) 47

MANUSCRITO 2

- Tabela 1.** Hábitos e sistemas sexuais de espécies observadas na restinga de Barreirinhas, Maranhão. N = número de indivíduos, arb = arbusto, arv = árvore, erv = erva, trep = trepadeira, D = dióica, GM = ginomonóica, H = hermafrodita e M = monóica 79
- Tabela 2.** Porcentagem de espécies e indivíduos segundo atributos, recursos e síndromes florais e sistemas sexuais dos distintos hábitos (árvores, arbustos, ervas e trepadeiras) encontrados em uma vegetação de restinga em Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. Teste G foi aplicado para análise de frequência em espécies/indivíduos. ns= não significativo, * $p\leq 0,05$, ** $p<0,01$ 82
- Tabela 3.** Porcentagem de ocorrência de sistemas sexuais em Restingas no Brasil..... 84

Apresentação

O nome Restinga tem sido aplicado em uma variedade de usos e, no sentido biótico, é o conjunto das comunidades existentes sobre depósitos arenosos costeiros (CERQUEIRA, 2000). As restingas recobrem cerca de 79% da costa brasileira (LACERDA *et al.*, 1993), onde se estendem desde estreitas até extensas faixas de areia, como no litoral norte do estado do Rio de Janeiro (MARTINS *et al.*, 1993). No entanto, essa vegetação encontra-se extremamente ameaçada por ações antrópicas, principalmente poluição e especulação imobiliária.

As Restingas possuem vegetação característica devido a uma combinação de fatores físicos e químicos destas áreas, tais como elevada temperatura, salinidade, grande deposição de salsugem e alta exposição à luminosidade (ORMOND, 1960; FRANCO *et al.*, 1984; HENRIQUES *et al.*, 1984). Nas imediações de fontes de água, como lagoas e braços das mesmas, a vegetação torna-se mais densa, formando florestas (ARAUJO *et al.*, 1998). A combinação de origens e forma particular de diversidade ligada funcionalmente a certas adaptações faz com que estes sistemas sejam especialmente sensíveis, sendo sua conservação, portanto, prioritária (CERQUEIRA, 2000).

Nesse contexto, estudos enfocando aspectos ecológicos da Restinga fazem-se necessários para o melhor entendimento de sua dinâmica, podendo-se assim, propor ações mitigadoras dos impactos associados e proporcionar medidas que culminem verdadeiramente na conservação desse ecossistema tão peculiar.

Contudo, estudos envolvendo estes aspectos são escassos e, quando encontrados, concentram-se principalmente nas regiões Sul e Sudeste, sendo as regiões Norte e Nordeste, pobremente representadas.

Esta Tese, dividida em três partes, vem adicionar informações ecológicas sobre a vegetação de Restinga do Nordeste Brasileiro, preenchendo uma lacuna de informações sobre o litoral do estado do Maranhão. O estudo foi conduzido no Município de Barreirinhas, em uma fazenda particular próxima ao Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, e aborda aspectos importantes da reprodução das espécies vegetais lá encontradas.

Inicialmente, traz uma Fundamentação Teórica sobre fenologia, recursos florais, síndromes de polinização e sistemas sexuais em ecossistemas Neotropicais. Os dois

capítulos seguintes estão organizados como manuscritos a serem submetidos a periódicos científicos especializados.

Um dos manuscritos aborda a fenologia reprodutiva e vegetativa das espécies vegetais encontradas na área de Restinga estudada, mostrando comportamentos fenológicos sazonais diferentes entre árvores, arbustos, ervas e trepadeiras, sugerindo que a presença destes diferentes hábitos proporciona melhor distribuição temporal de recursos vegetais (folhas, flores e frutos).

O segundo manuscrito teve como objetivo caracterizar a vegetação de Restinga quanto aos atributos e recursos florais, síndromes de polinização e sistemas sexuais e discutir possíveis diferenças nas frequências desses atributos entre os diferentes hábitos lá encontrados.

Fundamentação Teórica

1. Fenologia em ecossistemas Neotropicais

Entende-se por fenologia o estudo da periodicidade ou da época de ocorrência de eventos repetitivos e sua relação com fatores climáticos e bióticos (LIETH, 1974), sendo um ramo da ecologia que tem recebido bastante atenção dos pesquisadores nos últimos anos (MORELLATO, 2003; MORELLATO *et al.*, 2010).

Estudos fenológicos em nível de comunidade foram primeiramente realizados por Fournier e Sallas (1966) em um Bosque Tropical Úmido, onde foi correlacionada a floração de 100 espécies lenhosas com o clima da região. Os autores observaram que a maioria das plantas lenhosas estudadas floresceu no período mais seco, sugerindo que a baixa precipitação e a alta radiação solar são fatores importantes para floração das espécies daquele tipo de bosque.

A partir daí, vários estudos foram realizados nas Américas, com destaque para Costa Rica: Daubenmire (1972) estudou a fenologia de uma Floresta Tropical Decídua, onde observou que o aparecimento e senescência de folhas e a floração estavam mais relacionadas com estresse hídrico que com a duração do dia.

Frankie *et al.* (1974), em um estudo comparativo entre espécies arbóreas de Floresta Seca (Comelco Ranch, Província Guanacaste) e Floresta Úmida (Finca La Selva, Província de Heredia), observaram diferenças no comportamento fenológico das espécies: na Floresta Úmida, a maioria substituiu suas folhas no período seco mais severo, enquanto na Floresta Seca, as folhas novas surgiam no início da estação chuvosa, e a floração foi mais sazonal. Quanto à frutificação, esta ocorreu no período seco, em ambas as florestas, no entanto, foi mais sazonal na Floresta Seca, com maioria dos frutos anemocóricos.

Fournier (1976) estudou a fenologia de uma vegetação de Floresta Tropical, onde observou que a floração e frutificação das espécies tinham comportamento muito similar, com dois picos na estação seca e no início da chuvosa e outro após as chuvas de verão. A queda de folhas exibiu um pico durante a estação seca, enquanto o brotamento teve maior atividade durante a estação chuvosa.

Opler *et al.* (1976), ao estudarem duas florestas semi-decíduas, concluíram que a chuva é um fator que influencia, direta ou indiretamente, a liberação, o período e a sincronização da floração de espécies de árvores e arbustos.

Opler *et al.* (1980) também realizaram um estudo comparativo entre Floresta Seca (Comelco) e Floresta Úmida (La Selva), no entanto, observaram arvoretas e arbustos. As

espécies da Floresta Úmida eram sempre-verdes, enquanto as espécies da Floresta Seca eram decíduas e perdiam suas folhas no período seco. As duas florestas mostraram floração com padrão sazonal, florindo na estação úmida. Em ambas, houve dois picos de frutificação, o primeiro no período seco e o segundo no período chuvoso.

Newstrom *et al.* (1994) estudando a floração de espécies arbóreas em La Selva, propuseram uma estrutura sistemática para a classificação da fenologia reprodutiva, adotando frequência e regularidade como critério. As espécies mostraram padrão fenológico altamente diverso, irregular e complexo.

Sakai (2001) fez uma revisão comparando a fenologia da floração de florestas neotropicais sazonais e da Floresta de Dipterocarpo na Ásia, e concluiu que há variações anuais na fenologia das espécies e que a comparação entre e dentro das florestas pode ajudar a compreender a diversidade fenológica e as mudanças climáticas globais.

Kang e Bawa (2003), baseados na observação de 302 espécies arbóreas em La Selva, testaram a hipótese da relação entre período, frequência e duração da floração e *status* sucessional, hábito, sistema sexual e vetores de pólen, e concluíram que não há efeito direto da filogenia sobre o período de floração, que o *status* sucessional influencia fortemente o período e a duração da floração, e que seleção sexual e polinizadores podem influenciar vários parâmetros da floração.

No Panamá, podemos citar os estudos de Croat (1969, 1975), onde o autor analisou o padrão da fenologia reprodutiva em espécies de fanerógamas da Ilha de Barro Colorado, e pôde constatar comportamento diferenciado entre os diferentes hábitos observados. E também o trabalho de Augspurger (1983), que analisou a fenologia de seis espécies arbustivas, também na Ilha de Barro Colorado, e percebeu diferenças tanto dentro quanto entre as populações.

Na Venezuela, destacam-se os trabalhos de Monasterio e Sarmiento (1976), Sarmiento e Monasterio (1983) e Ramírez (2002), onde os autores, estudando Savanas, observaram que os diferentes hábitos diferiam em seus comportamentos fenológicos.

No México, destaca-se o trabalho realizado por Bullock e Solís-Magallanes (1990) em uma Floresta Tropical Caducifólia, onde observaram a floração de árvores ocorrendo no meio da estação seca, e a frutificação no início da estação chuvosa. Além do estudo de árvores e lianas, feito por Ibarra-Manríquez *et al.* (1991), que constatou o mesmo comportamento fenológico para a floração dos grupos, que ocorreu na seca, mas diferentes comportamentos quanto a frutificação.

Estes estudos demonstraram, em geral, que a maioria das espécies estudadas apresenta o pico de floração dentro da estação seca. No entanto, no estudo realizado por Bawa *et al.* (2003) na Estação Biológica La Selva, na Costa Rica, a maioria das espécies arbóreas analisadas floresceu durante a estação chuvosa. Contudo, a busca por padrões gerais se torna obscura pela grande variedade de espécies com comportamentos biológicos e histórias evolutivas diferentes (WILLIAMS-LINERA e MEAVE, 2002)

No Brasil, encontram-se abordagens fenológicas em vários tipos de vegetação, como: Floresta Amazônica (ARAÚJO, 1970; ALENCAR *et al.*, 1979; WRIGHT e VAN SCHAIK, 1994 – no Amazonas; PIRES-O'BRIEN, 1993 – no Amapá e no Pará); Mata Higrófila (ALVIM e ALVIM, 1976 – no Amazonas; LOCATELLI e MACHADO, 2004 – em Pernambuco); Mata Semidecídua (MORELLATO *et al.*, 1989, 1990; MORELLATO e LEITÃO-FILHO, 1990, 1992, 1996; MORELLATO, 1995; SANMARTIN-GAJARDO e MORELLATO, 2003; STAGGEMEIER *et al.*, 2010 – em São Paulo; BULHÃO e FIGUEIREDO, 2002 – no Maranhão; LENZA e KLINK, 2006 – no Distrito Federal); Caatinga (BARBOSA *et al.*, 1989; GRIZ e MACHADO, 2001; MACHADO *et al.*, 1997 – em Pernambuco); Restinga (TALORA e MORELLATO, 2000 – em São Paulo; MEDEIROS *et al.*, 2007 – em Pernambuco); Mata de Araucária (MARQUES *et al.*, 2004 – no Paraná), Carrasco (VASCONCELOS *et al.*, 2010 – no Ceará), dentre outros.

Também no Brasil, a maioria dos estudos demonstra padrões fenológicos sazonais, acompanhando a estacionalidade climática. No entanto, o estudo de espécies arbóreas realizado por Talora e Morellato (2000) em restinga em São Paulo demonstra uma tendência a padrões fenológicos sazonais menos acentuados, apesar de a fenologia ter apresentado correlação com o comprimento do dia e fotoperíodo. Já o estudo de Medeiros *et al.* (2007) mostrou que a fenologia das espécies lenhosas da restinga de Pernambuco não é sazonal, não sendo observada a ocorrência de correlação com a precipitação.

A alternância entre as estações seca e úmida pode desencadear as fenofases reprodutivas e vegetativas, apresentando maior periodicidade na produção de folhas, flores e frutos em vegetações sazonais (MORELLATO *et al.*, 1989, 1990, 2000; MORELLATO e LEITÃO-FILHO, 1990, 1992, 1996; VAN SCHAIK *et al.*, 1993; WRIGHT, 1996). No entanto, existem diferenças entre os padrões nas fenofases reprodutivas em ecossistemas tropicais, que podem estar associadas aos ritmos endógenos, à história de vida das espécies ou à sua filogenia (BORCHERT, 1983; ERIKSSON *et al.*, 1983; KOCHMER e HANDEL, 1986; MARCO e PAÉZ, 2002; LOBO *et al.*, 2003).

Embora existam diversos estudos fenológicos, sua distribuição ainda é muito desigual entre as diferentes formações vegetacionais e formas de vida (MORELLATO, 2003). Apesar de a maioria dos estudos fenológicos englobar árvores e arbustos, alguns enfocam os outros hábitos vegetais (ervas e trepadeiras) e, somando-os, podemos observar alguns padrões nos ecossistemas tropicais. Como exemplo, podemos citar a floração da maioria das espécies de arbustos e ervas na estação chuvosa (CROAT, 1975; MONASTERIO e SARMIENTO, 1976; SELWYN e PARTHASARATHY, 2006) e de árvores e trepadeiras na estação seca (FRANKIE *et al.*, 1974; SARMIENTO e MONASTERIO, 1983; IBARRA-MANRÍQUES *et al.*, 1991; SELWYN e PARTHASARATHY, 2006) em ambientes sazonais, enquanto que em ambientes não sazonais, não ocorrem picos de floração e as espécies florescem mais de uma vez por ano (RATHCKE e LACEY, 1985).

Poucos são os estudos que abordam vários hábitos ao mesmo tempo, no mesmo habitat. Croat (1969, 1975), estudando uma Floresta Semi-decídua no Panamá, observou diferenças entre os picos de fenofases entre hábitos, com ervas apresentando maior atividade de flores e frutos no período chuvoso, arbustos e trepadeiras apresentando maior atividade no período seco e árvores apresentando menor sazonalidade. Wright e Calderon (1995), analisando a mesma floresta no Panamá, concluíram que as diferenças observadas nas espécies vegetais estão mais ligadas à filogenia que ao hábito.

Ramírez (2002), analisando uma Savana na Venezuela, observou que espécies herbáceas e lianas apresentaram maior atividade de floração durante a estação chuvosa, enquanto árvores, arbustos e epífitas apresentaram maior atividade na floração durante a seca.

No Brasil, destaca-se o trabalho de Marques *et al.* (2004), em Floresta Subtropical de Araucárias, onde os autores, estudando 37 espécies de plantas, observaram que, com exceção da queda de folhas e floração, as formas de vida apresentam diferentes padrões fenológicos, e que a fenologia desta floresta está mais associada à temperatura e fotoperíodo.

O estudo da fenologia de plantas em ecossistemas tropicais é uma prática interessante porque o desmatamento está mudando rapidamente as paisagens e modificando climas tropicais, o que pode vir a desorganizar os ritmos de floração e frutificação das espécies vegetais (WRIGHT, 1996). Assim, a fenologia pode ser um

importante mecanismo para o entendimento dos efeitos das mudanças climáticas no ciclo de vida de plantas e animais (MORELLATO *et al.*, 2010).

2. Síndromes de polinização e sistemas sexuais com ênfase em ecossistemas Neotropicais

A forma, o tamanho, a cor e o odor são alguns dos atributos florais que têm sido utilizados nos estudos de comunidades em diferentes ecossistemas, por revelarem importantes implicações, não apenas na relação planta-polinizador, mas também por influenciar no sucesso reprodutivo da planta. A morfologia floral tanto pode excluir visitantes quanto atrair polinizadores potenciais, seja pela relação interdependente entre o tamanho das flores e o dos polinizadores ou pela ocorrência de diferentes tipos de recursos florais (FRANKIE *et al.*, 1983; MACHADO e LOPES, 2002). Assim, podemos chamar de síndrome de polinização o conjunto de características florais, incluindo recursos, associados à atração e utilização de um grupo específico de animais polinizadores (FAEGRI e PIJL, 1979; FENSTER *et al.*, 2004).

Dentre os recursos observados em flores, podemos citar néctar, pólen, óleo, resina e odor como os mais comuns. No entanto, os animais também buscam em flores locais para acasalamento, deposição de ovos, além de poderem utilizar partes florais como alimento (FAEGRI e PIJL, 1979).

Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger (1988) foram pioneiros em estudos de recursos florais no Brasil. Analisando a polinização de espécies em áreas de cerrado em São Paulo, Mato Grosso e Minas Gerais, observaram que 75% das flores possuíam néctar como principal recurso.

Ramírez *et al.* (1990) estudaram 55 espécies vegetais em uma Floresta Arbustiva Sempre-verde na Venezuela e verificaram vários atributos florais, como tamanho, unidade de polinização, recurso e tipo de polinização, fazendo algumas relações entre eles. Observaram que o diâmetro floral variava de acordo com a coloração e a unidade de polinização e que o tamanho da flor correlacionava-se positivamente com o conjunto de insetos polinizadores. O recurso floral mais observado nas espécies de polinização biótica foi o néctar (40,8%).

Ormond *et al.* (1993) estudando as recompensas florais das plantas da restinga em Maricá, Rio de Janeiro, observaram 141 espécies nectaríferas, o que correspondia a 62%

das espécies desse ecossistema. Entre estas, 85,6% eram diurnas, 87,8% tinham odor fraco ou ausente, 73,3% possuíam coloração forte e 70,2% possuíam néctar escondido.

Machado e Lopes (2004) ao analisarem a Caatinga de Pernambuco, observaram uma diversificação de recursos florais, incluindo recursos muito elaborados e pouco usuais como óleo e resina. Néctar foi o recurso mais freqüente entre as espécies (71,5%), seguido por pólen (15,3%), óleo (9%), pólen/néctar (2,8%) e resina (1,4%).

As síndromes de polinização podem ser caracterizadas, segundo Faegri e Pjil (1979) em abióticas, como hidrofilia (polinização pela água) e anemofilia (polinização pelo vento) e bióticas, nas quais os vetores são diferentes grupos de animais: abelhas e vespas (melitofilia), aves (ornitofilia), besouros (cantarofilia), borboletas (psicofilia), esfingídeos (esfingofilia), mamíferos não voadores (terofilia), mariposas (falenofilia), morcegos (quiropterofilia), moscas (miiofilia) e diversos pequenos insetos (d.p.i.). Há, ainda, a ocorrência de síndrome de polinização pelo vento e por insetos ao mesmo tempo, o que chamamos de ambofilia (BULLOCK, 1994).

Nos estudos que abordam síndromes de polinização, as abelhas aparecem como o principal agente promotor de polinização em diversos ecossistemas tropicais:

Na Costa Rica, Bawa *et al.* (1985b) investigaram os sistemas de polinização de espécies arbóreas de uma Floresta Úmida e verificaram maior frequência de espécies polinizadas por abelhas médias, seguidas de polinizadas por moscas. Em seu estudo, verificaram também que espécies de sub-dossel possuíam maior diversidade de sistemas de polinização quando comparadas às espécies de dossel. Em 1994, Kress e Beach observaram que as abelhas constituem os polinizadores mais comuns em todos os estratos da Floresta Úmida de La Selva.

Na Venezuela, Ramírez (1992) analisou a especificidade de polinização de 55 espécies de plantas de uma Floresta Arbustiva Mesotérmica, e os resultados indicaram que esta especificidade é afetada pelo tamanho e forma da flor, período de atividade dos polinizadores e deposição diferencial de pólen no corpo do polinizador. Verificou ainda que as abelhas possuíam os menores valores de especificidade, enquanto as lepdópteros e dípteros mostraram os maiores valores. Também na Venezuela, em um Bosque Úmido “Nublado”, Ramírez e Seres (1994) e Seres e Ramírez (1995) observaram um padrão diferente quanto aos sistemas de polinização de 33 espécies de monocotiledôneas, com uma tendência à polinização por coleópteros (35,1%), aves (24,3%) e abelhas (16,2%).

Lemus-Jiménez e Ramírez (2003) estudaram os sistemas de polinização e a dinâmica planta-polinizador em 51 espécies, comparando formas de vida, tipo de vegetação e fenologia da polinização em Planície Costeira na Venezuela. Dentre os polinizadores, 35,1% foram abelhas, 24,3% foram mariposas e 13,5% eram dípteros, o que foi similar entre todos os habitats e formas de vida. Já Ramírez (2004) ao analisar os modos de polinização em diferentes hábitos e formas de vida em Floresta, ecótono, Savana e área antropizada em Planície Venezuelana, observou que esses modos eram afetados pelo habitat e influenciados pelas formas de vida. Em 2005, o mesmo autor observou que espécies polinizadas por besouros e pelo vento, apresentavam maior valor de sobreposição de polinização.

No Brasil, Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger (1988) observaram 75% das espécies sendo polinizadas exclusivamente por abelhas, em seu estudo no Cerrado. Oliveira & Gibbs (2000), também estudando uma área de cerrado, identificaram sete guildas de polinizadores, variando de insetos muito pequenos a morcegos, mas a melitofilia foi predominante. Kinoshita *et al.* (2006) e Yamamoto *et al.* (2007), estudando Florestas Estacionais Semi-decíduas em São Paulo, verificaram maioria de espécies melitófilas e que as espécies ornitófilas, quiropterófilas e anemófilas mostraram preferência por ambientes abertos. Machado e Lopes (2003, 2004) observaram que aproximadamente 69,9% das espécies da Caatinga de Pernambuco são entomófilas. Dentre estas, 61,9% são melitófilas e 38,3% são polinizadas por diversos pequenos insetos. A ornitofilia foi a segunda maior síndrome observada (15%), seguida por quiropterofilia (13,1%).

No entanto, Devy e Davidar (2003) estudando uma Floresta Úmida na Índia, observaram que a ambofilia, realizada por diversos insetos (abelhas, besouros, mariposas, moscas e vespas) e pelo vento, foi a síndrome mais observada contrariando a maioria dos estudos em Florestas Tropicais.

Do ponto de vista do animal, a flor é uma fonte de recurso para sua manutenção, e a polinização, geralmente, resulta da busca por este recurso. Do ponto de vista da planta, a polinização é um mecanismo para aumentar o fluxo de genes, tendo como objetivo principal a sua reprodução (JANZEN, 1980). Algumas espécies vegetais necessitam obrigatoriamente de vetores (bióticos ou abióticos) para que a reprodução aconteça. Nesse contexto, a observação e análise do sistema sexual das plantas podem nos trazer informações relevantes para a manutenção das mesmas.

Bawa e Beach (1981) classificaram os sistemas reprodutivos segundo alguns critérios. Assim, estes sistemas podem ser divididos em: hermafroditismo, monoícia, andromonoícia, ginomonoícia, dioícia, androdioícia e ginodioícia (baseado na distribuição espacial dos órgãos reprodutivos); protândria e protoginia (baseado na distribuição temporal dos órgãos reprodutivos); autoincompatibilidade e autocompatibilidade (baseado na presença ou ausência de alelos de autoincompatibilidade), distília e tristília (baseado na variação comprimento do estilete em relação ao comprimento do filete).

Nos trópicos, a frequência dos sistemas sexuais é geralmente muito semelhante, sendo esperado elevado índice de espécies hermafroditas como pode ser observado em diversos trabalhos, em diferentes floras.

Em Florestas Secas, podemos citar os trabalhos de Bawa (1974) e Bawa e Opler (1975), em Floresta Semi-decídua no México; Zapata e Arroyo (1978) em Floresta Decídua na Venezuela; Saraiva *et al.* (1996) e Oliveira e Gibbs (2000) em Cerrado no Brasil; e Machado *et al.* (2006) na Caatinga, também no Brasil.

Em Florestas Úmidas, temos os estudos de Croat (1979) no Panamá, Bawa *et al.* (1985a), Kress e Beach (1994), em Floresta Tropical de Planície na Costa Rica; Ibarra-Manríquez e Oyama (1992) no México; Ramírez (1993) em Floresta Arbustiva na Venezuela; Sobrevila e Arroyo (1982) em Floresta Tropical “Nublada”, na Venezuela; Silva *et al.* (1997), Vamosi (2006) e Lopes *et al.* (2009) em Floresta Atlântica no Brasil.

Em todos os estudos observados há maior porcentagem de espécies hermafroditas (63-86% das espécies) em relação às espécies dióicas e monóicas. No entanto, quando são observadas apenas as espécies arbóreas, podemos observar um aumento de até 12% na proporção da dioícia. Assim, acredita-se que esse sistema esteja intimamente relacionado com o hábito arbóreo, além de necessidade de vetores para a polinização e de zoocoria especializada (BAWA e OPLER, 1975; BAWA *et al.*, 1985a; MACHADO *et al.*, 2006).

A Restinga é um ambiente geologicamente jovem, e recentemente colonizado por plantas de florestas úmidas adjacentes (MATALLANA *et al.*, 2005). Logo, pode-se esperar que exista alta frequência de espécies hermafroditas, que são mais favorecidas durante a colonização (STEBBINS, 1957) e baixa frequência de espécies dióicas, principalmente dentre as dominantes. No entanto, apesar da maioria de hermafroditas, Ormond *et al.* (1991), em Maricá, e Matallana *et al.* (2005), em Jurubatiba, ambas no Rio de Janeiro, observaram um elevado índice de dioícia quando consideradas apenas as espécies arbóreas dominantes.

O estudo dos atributos florais, das síndromes de polinização e dos sistemas sexuais de uma comunidade vegetal pode fornecer dados para responder a várias questões relacionadas à manutenção do fluxo gênico intraespecífico, sucesso reprodutivo, partilha e competição por polinizadores, e também sobre conservação de habitats naturais afetados por processos de fragmentação (Machado & Lopes, 2003; 2004). Assim, torna-se uma importante ferramenta para o entendimento e preservação de áreas de Restinga, fortemente ameaçadas por ações antrópicas, principalmente exploração imobiliária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, J. C.; ALMEIDA, R. A.; FERNANDES, N. P. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 1, p. 63-97, 1979.
- ALVIM, P. T.; ALVIM, R. Relation of climate to growth periodicity in tropical trees. In: TOMLINSON, P. B.; ZIMMERMANN, M. H. (Ed.). **Tropical trees as living systems**, Cambridge: Cambridge University Press, 1976. p. 455-464.
- ARAUJO, V. C. Fenologia de essências florestais amazônicas I. **Boletim do INPA**, v. 4, p. 1-25, 1970.
- ARAUJO, D. S. D.; SCARANO, F. R.; SÁ, C. F. C.; KURTZ, B. C.; ZALUAR, H. L. T.; MONTEZUMA, R. C. M.; OLIVEIRA, R. C. Comunidades vegetais do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. In: ESTEVES, F. A. (Ed.). **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998. p. 39-62.
- AUGSPURGER, C. K. Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs. **Biotropica**, v. 15, p. 257-267, 1983.
- BARBOSA, D. C. A.; ALVES, J. L. H.; PRAZERES, S. M.; PAIVA, A. M. A. Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de Caatinga (Alagoinha – PE). **Acta Botânica Brasilica**, v. 3, p. 109-117, 1989.
- BAWA, K. S. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. **Evolution**, v. 28, p. 85-92. 1974.
- BAWA, K. S.; BEACH, J. H. Evolution of Sexual Systems in Flowering Plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 68, n. 2, p. 254-274. 1981.
- BAWA, K. S.; BULLOCK, S. H.; PERRY, D. R.; COVILLE, R. E.; GRAYUM, M. H. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. **American Journal of Botany**, v. 72, p. 331-345. 1985b.
- BAWA, K. S.; KANG, H.; GRAYUM, M. H. Relationships among Time, Frequency, and Duration of Flowering in Tropical Rain Forest Trees. **American Journal of Botany**, v. 90, p. 877-887. 2003.
- BAWA, K. S.; OPLER, P. A. Dioecism in tropical forest trees. **Evolution**, v. 29, p. 167-179. 1975.
- BAWA, K. S.; PERRY, D. R.; BEACH, J. H. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. **American Journal of Botany**, v. 72, p. 346-356. 1985a.
- BORCHERT, R. Phenology and control of flowering in tropical trees. **Biotropica**, v. 15, p. 81-89, 1983.

BULLOCK, S. H.; SOLÍS-MAGALLANES, A. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*, v. 22, p. 22-35, 1990.

BULLOCK, S. H. Wind pollination of neotropical dioecious trees. *Biotropica*, v. 26, p. 172-179, 1994.

BULHÃO, C. F. & FIGUEIREDO, P. S. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 3, p. 361-370, 2002.

CERQUEIRA, R. Biogeografia das restingas. In: ESTEVES, F. A.; LACERDA, L. D. (Ed.). *Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2000. p. 65-75.

CROAT, T. B. Seasonal flowering behavior in Central Panama. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, v. 56, p. 295-307, 1969.

CROAT, T. B. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). *Biotropica*, v. 7, p. 270-277, 1975.

CROAT, T. B. The sexuality of the Barro Colorado Island flora (Panama). *Phytologia*, v. 42, p. 319-48, 1979.

DAUBENMIRE, B. Phenology and other characteristics of tropical semideciduous forest in North-Western Costa Rica. *Journal of Ecology*, v. 60, p. 147-170, 1972.

DEVY, M. S.; DAVIDAR, P. Pollination systems of trees in Kakachi, a mid-elevation wet evergreen forest in Western Ghats, India. *American Journal of Botany*, v. 90. p. 650-657, 2003.

ERIKSON, O.; INGHE, O.; JERLING, L.; TAPPER, P.G.; TELENUS, A.; TORTENSSON, P. A note on non-adaptation hypotheses in plant ecology. *Oikos*, v. 41, p. 155-156, 1983.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principle of pollination ecology**. Oxford: Pergamon Press, 1979.

FENSTER, C. B.; ARMBRUSTER, W. S.; WILSON, P.; THOMSON, J. D.; DUDASH, M. R. Pollination syndromes and floral specialization. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 35, p. 375-403, 2004.

FOURNIER, L. A. Observaciones fenológicas en el bosque humedo premontano de San Pedro de Montes Oca, Costa Rica. **Turrialba**, v. 26, p. 54-59, 1976.

FOURNIER, L. A.; SALAS, S. Algunas observaciones sobre la dinamica de la floracion en el bosque humedo de Villa Collon. **Revista de Biologia Tropical**, v. 14, p. 75-85, 1966.

FRANCO, A. C.; VALERIANO, D. M.; SANTOS, F. M.; HAY, J. D.; HENRIQUES, R. P. B.; MEDEIROS, R. A. Os microclimas das zonas de vegetação da praia da restinga de Barra de Maricá, Rio de Janeiro. In: LACERDA, L. D.; ARAUJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (Ed.). **Restingas: Origem, estrutura e processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p.413-425.

FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G.; OPLER, P. A. Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest sites of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 62, p. 881-913, 1974.

FRANKIE, G. W.; HARBER, W. A.; OPLER, P. A.; BAWA, K. S. Characteristics and organization of the large bee pollination systems in the Costa Rican dry forest. In: JONES, C. E.; LITTLE, R. J. (Ed.). **Handbook of experimental pollination biology**. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1983. p. 411-447.

GRIZ, L. M. S.; MACHADO, I. C. S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 303-321. 2001.

HENRIQUES, R. P. B.; ARAUJO, D. S. D.; HAY, J. D. Descrição e classificação dos tipos de vegetação da restinga de Carapebus, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, p. 173-189, 1986.

IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; OYAMA, K. Ecological correlates of reproductive traits of Mexican rain forest trees. **American Journal of Botany**, v. 79, p. 344-356, 1992.

IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; SANCHES-GRAFIAS, B.; GONZÁLEZ-GARCIA, L. Fenologia de lianas y arboles anemócoros en una selva cálido-húmeda de México. **Biotropica**, v. 23, n. 3, p. 242-254. 1991.

JANZEN, D. H. **Ecologia vegetal nos trópicos**. Temas de biologia. São Paulo: EPU/Edusp, 1980.

KANG, H.; BAWA, K. Effects of successional status, habitat, sexual systems, and pollinators flowering patterns in tropical rain forest trees. **American Journal of Botany**, v. 90, p. 865-876, 2003.

KINOSHITA, L. S.; TORRES, R. B.; FORNI-MARTINS, E. R.; SPINELLI, T.; AHN, I. J.; CONSTÂNCIO, S. S. Composição florística e síndromes de polinização e de dispersão da mata do Sítio São Francisco, Campinas, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, p. 313-327. 2006.

KOCHMER, J. P.; HANDEL, S. N. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. **Ecological Monographs**, v. 56, p. 303-325, 1986.

KRESS, W. J.; BEACH, J. H. Flowering plant reproductive systems. In: MCDADE, L. A.; BAWA, K. S.; HESPENHEIDE, H.; HARTSHORN, G. (Ed.). **La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest**. Chicago: University of Chicago Press, 1994, p. 161-182.

LACERDA, L. D.; ARAUJO, D. S. D.; MACIEL, N. C. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian Coast. In: VAN DER MAAREL, E. (Ed.). **Dry coastal-ecosystems: Africa, Asia, Oceania**. Amsterdam: Elsevier, 1993. p. 477-493.

LEMUS-JIMÉNEZ, L. J.; RAMÍREZ, N. Polinización y polinizadores en la vegetación de la planicie costera de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela. **Acta Científica Venezolana**, v. 54, p. 97-114. 2003.

LENZA, E.; KLINK, C. A. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, p. 627-638. 2006.

LIETH, H. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. In: H. Lieth (ed.). **Phenology and seasonality modeling**. Berlin: Springer-Verlag, v. 8, 1974. p. 3-19.

LOBO, J. A.; QUESADA, M.; STONER, K. E.; FUCHS, E. J.; HERRERÍAS-DIEGO, Y.; ROJAS, J.; SABORÍO, G. Factors affecting phenological patterns of Bombacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and Mexico. **American Journal of Botany**, v. 90. p. 1054-1063, 2003.

LOCATELLI, E.; MACHADO, I. C. Fenologia de espécies arbóreas de uma mata serrana (brejos de altitude) em Pernambuco, Brasil. In: PORTO, K.; CABRAL, J. J.; TABARELLI, M. (Ed.). **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 255-276.

LOPES, A. V.; GIRÃO, L. C.; SANTOS, B. A.; PERES, C. A.; TABARELLI, M. Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic Forest fragments. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1154-1165. 2009.

MACHADO, I. C. S.; BARROS, L. M.; SAMPAIO, E. V. S. B. Phenology of caatinga species in Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. **Biotropica**, v. 29, p. 57-68, 1997.

MACHADO I. C.; LOPES, A. V. A Polinização em ecossistemas de Pernambuco: uma revisão do estado atual do conhecimento. In: TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Ed.). **Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco**. Recife: Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio-Ambiente, Fundação Joaquim Nabuco e Editora Massangana, 2002. p. 583-596.

MACHADO, I. C.; LOPES, A. V. Recursos florais e sistemas de polinização e sexuais em Caatinga. In: LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C. (Ed.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente e Editora Universitária, 2003. p. 514-553.

MACHADO, I. C.; LOPES, A. V. Floral traits and pollination systems in the caatinga, a brazilian tropical dry forest. **Annals of Botany**, v. 94, p. 365-376, 2004.

MACHADO, I. C.; LOPES, A. V.; SAZIMA, M. Plant Sexual Systems and a Review of the Breeding System Studies in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. **Annals of Botany**, v. 97, p. 277-287, 2006.

MARCO, D. E.; PAÉZ, S. A. Phenology and phylogeny of animal-dispersed plants in a Dry Chaco forest (Argentina). **Journal of Arid Environments**, v. 52, p. 1-16, 2002.

MARQUES, M. C. M.; ROPER, J. J.; SALVALAGGIO, A. P. B. Phenological patterns among plant life forms in a Subtropical Forest in Southern Brazil. **Plant Ecology**, v. 173, p. 203-213, 2004.

MARTINS, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M. As flutuações de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros. **Boletim do Instituto de Geologia - USP**, Publicações Especiais, v. 15, p. 1-186, 1993.

MATALLANA, G.; WENDT, T.; ARAÚJO, D. S. D.; SCARANO, F. R. High abundance of dioecious plants in a tropical coastal vegetation. **American Journal of Botany**, v. 92, p. 1513-1519, 2005.

MEDEIROS, D. P. W.; LOPES, A. V.; ZICKEL, C. S. Phenology of woody species in a tropical coastal vegetation, northeastern Brazil. **Flora** (Jena), v. 202, p. 235-247, 2007.

MONASTERIO, M.; SARMIENTO, G. Phenological strategies em species of seasonal savana and semideciduous forest in the Venezuelan Llanos. **Journal of Biogeography**, v. 3, p. 325-355, 1976.

MORELLATO, L. P. C. As estações do ano na floresta. In: MORELLATO, P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana**. Campinas: Editora da Unicamp, 1995. p. 37-41.

MORELLATO, L. P. C. South America. In: SCHWARTZ (Ed.). **Phenology: an integrative environmental science**. Kluwer Academic Publishers: Netherlands, 2003, p. 75-92.

MORELLATO, L. P. C.; ALBERTI, L. F.; HUDSON, I. L. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: KEATLEY, M; HUDSON, I. L. (Ed.) **Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis**. Springer, 2010. p. 357-371.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiaí, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 50, p. 163-173, 1990.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. (Ed.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas: Editora da Unicamp/Fapesp, 1992. p.112-140.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian forest. **Biotropica**, v. 28, p. 180-191, 1996.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO FILHO, H. F.; RODRIGUES, R. R.; JOLY, C. A. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiaí São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 50, p. 149-162, 1990.

MORELLATO, L. P. C.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F.; JOLY, C. A. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semi-decídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 12, p. 85-98, 1989.

MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPARRO, V. B. Phenology of Atlantic forest trees: A comparative study. **Biotropica**, v. 32, p. 811-823, 2000.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, v. 26, p. 141-159. 1994.

OLIVEIRA, P. E.; GIBBS, P. E. Reproductive biology of wood plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora*, v. 195, p. 311-329, 2000.

OPLER, P. A.; FRANKIE, G. M.; BAKER, H. G. Rainfall as a factor in the release, timing and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. **Journal of Biogeography**, v. 3, p. 231-236. 1976.

OPLER, P. A.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 68, p. 167-188, 1980.

ORMOND, W. T. Ecologia das restingas do Sudeste do Brasil: comunidades vegetais das praias arenosas. Parte I. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 50, p. 185-236, 1960.

ORMOND, W. T.; PINHEIRO, M. C. B.; ALVES, H.; CORREIA, M. C. R.; CASTRO, A. C. Sexualidade das plantas da restinga de Maricá, RJ. **Boletim do Museu Nacional Nova Serie Botânica**, v. 87, p. 1-24, 1991.

ORMOND, W. T.; PINHEIRO, M. C. B.; LIMA, H. A.; CORREIA, M. C. R.; PIMENTA, M. L. Estudo das recompensas florais das plantas da restinga de Maricá, RJ. I - Nectaríferas. **Bradea**, v. 6, p. 179-195, 1993.

PIRES-O'BRIEN, M. J. Phenology of tropical trees from Jari, lower amazon, I. phenology of eight forest communities. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 9, p. 67-92, 1993.

PJIL, L. VAN DER. **Principles of dispersal in higher plants**. Berlim: Springer Verlag, 1982.

RAMÍREZ, N. Especificidad de los sistemas de polinización em uma comunidade arbustiva de La Guayana Venezolana. **Ecotrópicos**, v. 5, n. 1, p. 1-19. 1992.

RAMÍREZ, N. Reproductive biology in a tropical schrubland of Venezuelan Guayana. **Journal of Vegetation Science**, v. 4, p. 5-12. 1993.

RAMÍREZ, N. Reproductive phenology, life-forms, and habitats of the Venezuelan Central Plain. **American Journal of Botany**, v. 89, n. 5, p. 836-842. 2002.

RAMÍREZ, N. Polinización y polinizadores en la vegetación de la Planicie Costera de Paraguana, Estado Falcon, Venezuela. **Ecología**, v. 54, p. 97-114. 2003.

RAMÍREZ, N. Ecology of pollination in a tropical Venezuelan savanna. **Plant Ecology**, v. 173, p. 171-189, 2004.

RAMÍREZ, N. Temporal overlap of flowering species with the same pollinating agent class: the importance of habitats and life forms. **International Journal of Botany**, v. 1, p. 27-33, 2005.

RAMÍREZ, N.; SERES, A. Plant reproductive biology of herbaceous monocots in a Venezuelan tropical cloud forest. **Plant Systematics and Evolution**, v. 190, n. 3-4, p. 129-142, 1994.

RAMÍREZ, N.; GIL, C.; HOKCHE, O.; SERES, A.; BRITO, Y. Biología floral de una comunidad arbustiva tropical en la Guayana Venezolana. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 77, p. 383-397, 1990.

RATHCKE, B.; LACEY, E. P. Phenological patterns of terrestrial plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 16, p. 179-214, 1985.

SAKAI, S. Phenological diversity in tropical forests. **Population Ecology**, v. 43, p. 77-86, 2001.

SANMARTIN-GAJARDO, I.; MORELLATO, L. P. C. Inter and intraspecific variation on reproductive phenology of the Brazilian Atlantic forest Rubiaceae: ecology and phylogenetic constraints. **Revista de Biologia Tropical**, v. 51, p. 691-698, 2003.

SARAIVA, L. C.; CESAR, O.; MONTEIRO, R. Breeding systems of shrubs and trees of a Brazilian savanna. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 39, p. 751-766, 1996.

SARMIENTO, G.; MONASTERIO, M. Life forms and phenology. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world: Tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier Science, 1983, p.79-108.

SERES, A.; RAMÍREZ, N. Biología floral y polinización de algunas monocotiledoneas de un bosque nublado Venezolano. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 82, p. 61-81, 1995.

SELWYN, M.A.; PARTHASARATHY, N. Reproductive traits and phenology of plants in tropical dry evergreen forest on the Coromandel coast of India. **Biodiversity and Conservation**, v. 15, p. 3207-3234, 2006.

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; GOTTSBERGER, G. A polinização de plantas do cerrado. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 48, p. 651-663, 1988.

SILVA, A. G.; GUEDES-BRUNI, R. R.; LIMA, M. P. M. Sistemas sexuais e recursos florais do componente arbustivo-arbóreo em mata preservada na reserva ecológica de Macaé de Cima. In: LIMA, M. P. M.; GUEDES BRUNI, R. R. (Ed.). **Serra de Macaé de Cima: Diversidade Florística e Conservação em Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1997. p. 187-211.

SOBREVILA, C.; ARROYO, M. T. K. Breeding systems in a montane tropical cloud forest in Venezuela. **Plant Systematics and Evolution**, v. 140, p. 19-37, 1982.

STAGGEMEIER, V. G.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; MORELLATO, L. P. C. The shared influence of phylogeny and ecology on the reproductive patterns of Myrteae (Myrtaceae). **Journal of Ecology**, v. 98, p. 1409-1421, 2010.

STEBBINS, G. L. Jr. Self-fertilization and population variability in higherplants. **American Naturalist**, v. 861, p. 337-354, 1957.

TALORA, D. C.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, p. 13-26, 2000.

VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, p. 353 -377, 1993.

VAMOSI, S. M. A reconsideration of the reproductive biology of the Atlantic Forest in the Volta Velha Reserve. **Biodiversity and Conservation**, v. 15, p. 1417-1424, 2006.

VASCONCELOS, S. F.; ARAÚJO, F. S; LOPES, A. V. Phenology and dispersal modes of wood species in the Carrasco, a tropical deciduous shrubland in the Brazilian semiarid. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, p. 2263-2289, 2010.

WILLIAMS-LINERA, G.; MEAVE, H. Patrones fenológicos. In: GUARIGUATA. M. R.; KATTAN, G. H. (Ed.). **Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales**. Libro Universitario Regional: Cartago, 2002, p. 407-431.

WRIGHT, S. J. Phenological responses to seasonality in tropical forest plants. In: MULKEY, S. S.; CHAZDON, R. L.; SMITH, A. P. (Ed.) **Tropical forest plant ecophysiology**. Chapman & Hall: p. 440-459, 1996.

WRIGHT, S. J.; CALDERON, O. Phylogenetic patterns among tropical flowering phenologies. **Journal of Ecology**, v. 83, p. 937-948, 1995.

WRIGHT, S. J.; VAN SCHAIK, C. R. Light and the phenology of tropical trees. **American Naturalist**, v. 143, p. 192-199, 1994.

YAMAMOTO, L. F.; KINOSHITA, L. S.; MARTINS, F. R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 553-573, 2007.

ZAPATA, T. R.; ARROYO, M. T. K. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. **Biotropica**, v. 10, p. 221-230, 1978.

Padrões Fenológicos nos Diferentes Hábitos de Vegetação de
Restinga no Nordeste do Brasil

*A SER ENVIADO AO PERIÓDICO
BIOTROPICA*

**Padrões Fenológicos nos Diferentes Hábitos de Vegetação de Restinga no Nordeste do
Brasil**

Éville Karina M. D. Ribeiro¹, Leonor Patrícia Cerdeira Morellato² & Isabel Cristina
Machado³

¹ Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, IB,
Departamento de Botânica, CEP 50372-970 Recife, PE, Brasil.

² Universidade Estadual Paulista, IB, Departamento de Botânica, Laboratório de Fenologia,
CEP 13506-900 Rio Claro, SP, Brasil.

³ Universidade Federal de Pernambuco, IB, Departamento de Botânica, CEP 50372-970
Recife, PE, Brasil.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the phenology of the species occurring in a *Restinga* environment in the Northeastern Maranhão State, Brazil, analyzing how the phenological patterns vary among habits and how phenophases are correlated with climatic factors. We studied 1167 individuals, from 88 plant species, distributed in four habits (trees, shrubs, herbs and lianas), during two years (2008-2010) in a Legal Reserve near the Lençóis Maranhenses National Park (2°43'22,5"S; 42°49'50"W). All the evaluated phenophases, except fruiting, showed seasonality. The flowering of trees and shrubs occurred in the dry season, while herbs flowered during the rainy season. The flowering of the tree species occurred mainly in the dry season, as well as the highest peaks of fruiting of herbs and lianas. The rainy season showed more fruiting activity of shrubs. Leaf fall and flush occurred in the dry season for all habits except herbs, for which leaf fall occurred during the rainy season. The mean dates of the flowering, fruiting and leaf flush activity peaks showed differences for each habit, suggesting that the presence of these different habits provide a better temporal distribution of plant resources (leaves, flowers, and fruits) for the community.

Key-words: Phenology, tree, shrub, herb, climber, seasonality, Circular Statistical.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a fenologia das espécies ocorrentes em um ambiente de Restinga no Nordeste do Maranhão, Brasil, verificando como os padrões fenológicos variam entre hábitos e como as fenofases se correlacionam com os fatores climáticos. Foram estudados 1167 indivíduos, de 88 espécies vegetais, distribuídos em quatro hábitos (árvores, arbustos, ervas e trepadeiras), durante dois anos (2008-2010) em uma Reserva Legal próxima ao Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (2°43'22,5"S; 42°49'50"W). Todas as fenofases avaliadas, com exceção da frutificação, apresentaram sazonalidade. A floração de

árvores e arbustos ocorreu na estação seca, enquanto a de ervas ocorreu na estação chuvosa. A frutificação das espécies arbóreas ocorreu, em sua maioria, na estação seca, bem como os maiores picos de frutificação de ervas e trepadeiras. Durante a estação chuvosa houve maior atividade de frutificação de arbustos. Queda e brotamento de folhas ocorreram na estação seca para todos os hábitos, exceto o herbáceo, no qual a queda de folhas ocorreu na estação chuvosa. As datas médias dos picos de atividade das fenofases floração, frutificação e brotamento mostraram diferenças para cada hábito, sugerindo que a presença destes diferentes hábitos proporciona melhor distribuição temporal de recursos vegetais (folhas, flores e frutos) na comunidade.

A FENOLOGIA DAS ESPÉCIES VEGETAIS É MARCADA POR PADRÕES QUE PODEM

significar respostas a diferentes estímulos. Pressões seletivas por polinizadores, dispersores e predadores, ritmos endógenos, diferenças morfológicas e na habilidade de captar e armazenar recursos, além de fatores abióticos como umidade do solo, chuva e fotoperíodo podem ser citados como alguns dos responsáveis por esses padrões (Monasterio & Sarmiento 1976, Opler *et al.* 1976, Sarmiento & Monasterio 1983, Rathcke & Lacey 1985, van Schaik *et al.* 1993, Wright & van Schaik 1994).

Nos Neotrópicos, apesar da heterogeneidade e grande diversidade de espécies observadas, alguns estudos de comunidades demonstram padrões fenológicos bem marcados quanto à produção de flores: em ambientes sazonais a maioria das espécies de ervas e arbustos floresce na estação chuvosa (Croat 1975, Monasterio & Sarmiento 1976) e as árvores florescem na estação seca (Frankie *et al.* 1974, Sarmiento & Monasterio 1983), enquanto em ambientes não sazonais não ocorrem picos e as espécies florescem mais de uma vez por ano (Rathcke & Lacey 1985).

No entanto, poucos estudos abordam os vários hábitos ao mesmo tempo, no mesmo habitat. Dentre estes, podemos citar os trabalhos de Croat (1975) e Wright e Calderon (1995), em Floresta Tropical Semi-decídua no Panamá, o de Ramírez (2002), em Savana venezuelana e o de Marques *et al.* (2004), em Floresta Subtropical de Araucárias na região Sul do Brasil, os quais demonstram divergências em seus resultados. Trabalhos com este enfoque em ambientes costeiros, como restingas, até o momento não haviam sido descritos.

Denomina-se Restinga o conjunto das comunidades existentes sobre depósitos arenosos costeiros (Cerqueira 2000), representando cerca de 80% da costa brasileira (Lacerda *et al.* 1993), que possui uma vegetação característica devido a uma combinação de fatores físicos e químicos destas áreas, tais como elevada temperatura, salinidade e alta exposição à luminosidade (Ormond 1960, Franco *et al.* 1984, Henriques *et al.* 1984). A combinação de

Ribeiro, E. K. M. D. – Fenologia e Atributos Reprodutivos de espécies ocorrentes em restinga no Maranhão

origens e forma particular de diversidade ligada funcionalmente a certas adaptações, além do impacto antropogênico causado pela grande especulação imobiliária (Esteves & Lacerda 2000), faz com que estes sistemas sejam particularmente sensíveis, sendo sua conservação, portanto, prioritária (Cerqueira 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a fenologia das espécies ocorrentes em vegetação de Restinga no Nordeste do Maranhão, Brasil, onde há grande sazonalidade nas chuvas, mas pouca variação de fotoperíodo e temperatura, testando a hipótese de que espécies arbóreas e trepadeiras produzem flores no período seco, enquanto ervas e arbustos produzem flores no período chuvoso. Foram também respondidas as seguintes perguntas: (1) Como se comporta a fenologia reprodutiva e vegetativa da comunidade de Restinga estudada? (2) O padrão fenológico difere entre os distintos hábitos (ervas, arbustos, árvores e trepadeiras)? (3) Como as fenofases se correlacionam com os fatores abióticos?

MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO – As observações de campo foram realizadas em uma reserva particular na Fazenda Buriti, situada no povoado de Cantinho, no município de Barreirinhas (2°43'22,5"S; 42°49'50"W) localizado a 345 km de São Luís, capital do estado do Maranhão, Nordeste do Brasil (IBGE 1984). O município de Barreirinhas está incluído na área de influência do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses.

O clima da região é tropical megatérmico (enquadrando-se no tipo Aw' de acordo com a classificação de Köppen), com pluviosidade anual em torno de 2000 mm. Os dados climatológicos apontam duas estações bem definidas: uma chuvosa (janeiro a julho) e uma de estiagem (agosto a dezembro). A temperatura média anual pode variar entre 26°C e 27°C (Fig.

1). Os dados climáticos foram fornecidos por uma Estação Meteorológica localizada próximo à área de estudo (Fig. 2A).

A vegetação do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses ocupa uma área de 453,28 km² dos quais 89 por cento são constituídos predominantemente por vegetação de Restinga (MMA/IBAMA 2002). A área de estudos trata-se de uma Floresta Baixa de Restinga (*sensu* CONAMA 1996), de substrato arenoso, com áreas onde ocorre afloramento do lençol freático durante alguns meses do ano (abril a julho).

Foram feitas excursões mensais ao local de estudo, de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, sendo amostrados todos os indivíduos encontrados em 100 parcelas de 10 x 10 m, distribuídas em uma área de 60 hectares, totalizando 1 hectare de área amostrada. As espécies foram classificadas quanto aos diferentes hábitos em ervas, arbustos (plantas lenhosas com até 2 m de altura), árvores (plantas lenhosas > 2 m de altura) e trepadeiras (*sensu* Miranda & Absy 2000).

FENOLOGIA – As observações foram conduzidas mensalmente em indivíduos marcados e com numeração seqüencial, nas fenofases produção de folhas novas (brotamento), queda de folhas, produção de botões e antese (ou floração), frutos imaturos e maduros (ou frutificação), pelo período de 24 meses. Para a avaliação das fenofases, foi aplicado o percentual de intensidade como proposto por Fournier (1974), o qual estima a porcentagem de intensidade da fenofase em cada indivíduo através de uma escala intervalar semi-quantitativa de cinco categorias de quantificação (0 a 4), com intervalo de 25% entre elas. Este método permitiu a indicação dos picos de cada fenofase (Fournier 1974, Morellato *et al.* 2010). Os dados de presença/ausência foram utilizados para calcular o índice de atividade (porcentagem de indivíduos) de cada fenofase.

ANÁLISE DOS DADOS – Para testar a existência de padrões sazonais, foram feitas análises circulares utilizando a média mensal do número de indivíduos na data de pico de floração, frutificação, brotamento e queda de folhas nos dois anos de observação, como em Morellato *et al.* (2000). A data de pico foi escolhida por representar melhor a época de oferta de recurso em cada hábito e para a comunidade, e foi definida com base no mês de maior intensidade de Fournier para cada indivíduo.

As datas de pico das fenofases foram convertidas em ângulos e utilizadas para testar a ocorrência de padrão sazonal na comunidade e nos hábitos através da análise estatística circular e do teste de Rayleigh (Zar 1999), como descrito em Morellato *et al.* (2000, 2010). As distribuições de frequências dos indivíduos nas datas de pico de cada fenofase foram plotadas em histogramas circulares, para intervalos mensais, com os 365 dias do ano correspondendo aos 360° da circunferência, sendo que janeiro corresponde ao 15° e cada intervalo de 30 dias a 30°. Os cálculos foram feitos utilizando-se o software ORIANA 3.0 para análises circulares (Kovach 2009).

Para testes de ocorrência de padrão sazonal de acordo com Morellato *et al.* (2000), a hipótese nula considera que os dados são distribuídos uniformemente ao redor do ano, existe uniformidade circular e o ângulo médio não é significativo, conseqüentemente não há sazonalidade; Se os dados não são distribuídos uniformemente ao redor do ano e o ângulo médio é significativamente alto, a H_0 é rejeitada e ocorre padrão sazonal. Quando o ângulo médio a foi significativo, o vetor, que varia de 0 a 1, representa o grau de sazonalidade.

Para verificar a influência do clima sobre a fenologia das espécies, foi calculada a correlação de Spearman (r_s ; Zar 1999) entre o número de indivíduos em cada fenofase, por mês e as variáveis climáticas (temperatura máxima, mínima e média, e precipitação) no mesmo período, e precipitação do mês anterior, para a comunidade total e para cada hábito.

Nos ângulos significativos, o teste de Watson-Williams (Zar 1999) foi aplicado para comparar se os hábitos diferiam quanto ao padrão sazonal em cada fenofase.

O teste do qui-quadrado (χ^2 ; Zar 1999) foi utilizado para relacionar o período de floração dos hábitos aos períodos do ano (seco ou chuvoso), testando a hipótese proposta.

RESULTADOS

AMOSTRAGEM DA COMUNIDADE E DOS HÁBITOS – Para a comunidade de Restinga estudada foram amostrados 1167 indivíduos, distribuídos em 88 espécies e cerca de 69 gêneros e 41 famílias (Tabela 1). Destes, 332 são árvores (26 espécies em 15 famílias), 505 são arbustos (21 espécies em 12 famílias), 223 são ervas (27 espécies em 18 famílias) e 107 são trepadeiras (14 espécies em oito famílias).

FENOLOGIA DA COMUNIDADE – A maior porcentagem de indivíduos com botão e antese na comunidade da Restinga de Barreirinhas ocorreu no meio da estação seca, nos meses de setembro e outubro, respectivamente, nos dois anos de estudo (Fig. 2B). Os frutos imaturos apresentaram maior índice de atividade durante a estação chuvosa e os frutos maduros ocorreram ao longo dos 24 meses de observação, sem padrão definido (Fig. 2C). Não houve correlação entre a fenologia reprodutiva da comunidade e as variáveis abióticas observadas.

Queda e brotamento foliar foram observados em 25,8 por cento das espécies observadas. A maior porcentagem de indivíduos em queda foliar foi observada na estação seca, no mês de agosto no primeiro ano de observação e no mês de setembro no segundo ano. A maior porcentagem de indivíduos apresentando brotamento ocorreu no mês de outubro (final da estação seca) em ambos os anos (Fig. 2D). As fenofases vegetativas se correlacionaram negativamente com a chuva do mês anterior (ver Tabela 2).

COMPARAÇÃO ENTRE OS HÁBITOS – A maior porcentagem de indivíduos com botão e antese nas árvores e arbustos seguiu o padrão observado para a comunidade total, ocorrendo na estação seca ($\chi^2 = 84,10$; $187,29$; $P < 0,05$) (Fig. 3A-B). Nas árvores, a maior porcentagem de indivíduos em botão ocorreu em setembro de 2008, e em novembro de 2009, enquanto a maior porcentagem de indivíduos em antese ocorreu em agosto no primeiro ano e setembro, no segundo (Fig. 3A). A antese nas árvores foi correlacionada positivamente com a temperatura máxima (Tabela 2) e negativamente com a chuva do mês anterior ao mês da observação (Tabela 2). Nos arbustos, a maior porcentagem de indivíduos em botão e antese ocorreu em setembro e outubro, respectivamente (Fig. 3B), com correlação significativamente negativa com a precipitação do mês anterior às observações (Tabela 2).

Ao contrário do padrão observado para árvores e arbustos, ervas apresentaram maior porcentagem de indivíduos em floração na estação chuvosa ($\chi^2 = 5,93$; $P < 0,05$) (Fig. 3C-D). Houve maior floração de ervas no segundo ano de observação, com maior concentração no mês de julho. Quanto às trepadeiras, não houve diferença na produção de flores durante as estações seca e chuvosa ($\chi^2 = 0,24$; $P > 0,05$). Estas apresentaram maior produção de botões no mês de maio e flores em abril, no primeiro ano de observação. No segundo ano, houve duas épocas de maior floração, a primeira em fevereiro, proporcionado por grande número de indivíduos de *Cassytha filiformis* (Lauraceae) e a segunda em julho, com muitos indivíduos de *Phthirusa pyrifolia* (Loranthaceae).

A antese de árvores e arbustos, e botões de arbustos se correlacionaram negativamente com a precipitação do mês anterior à observação. Botões e flores de ervas apresentaram correlação negativa significativa com as temperaturas e correlação positiva com a precipitação. A antese em trepadeiras teve correlação positiva com a precipitação do mês anterior à observação (Tabela 2).

A frutificação das espécies arbóreas ocorreu de forma irregular, com vários períodos de grande porcentagem de produção de frutos verdes distribuídos nos dois anos de observação, correlacionado positivamente com as temperaturas e negativamente com a precipitação (Tabela 2). Os frutos maduros ocorreram, em sua maioria, na estação seca (Fig. 4A), apresentando correlação negativa com a chuva e positiva com a temperatura mínima e média (Tabela 2).

Nos arbustos, a maior porcentagem de frutificação se deu no início da estação chuvosa em ambos os anos de observação (Fig. 4B), estando correlacionado positivamente com a precipitação e negativamente com a temperatura mínima e média (Tabela 2).

As espécies herbáceas apresentaram os maiores índices de atividade de frutificação na estação seca. No primeiro ano de observação a maior porcentagem de frutos maduros foi observada no mês de novembro, final da estação seca. No segundo ano de observação, a maior porcentagem de frutificação ocorreu no mês de julho, início da estação seca (Fig. 4C), devido à floração de indivíduos das espécies *Comolia lythrioides* (Melastomataceae) e *Stigmaphyllon paralias* (Malpighiaceae). A maior porcentagem de frutificação nas trepadeiras também ocorreu no início da estação seca em ambos os anos de observação (Fig. 4D). A produção de frutos maduros nas ervas e trepadeiras apresentou correlação significativa negativa com as temperaturas e positiva com a precipitação (Tabela 2).

Todos os hábitos observados apresentaram queda e brotamento de folhas, menos as trepadeiras. Em todos os hábitos, a maior produção de folhas novas ocorreu na estação seca (Fig. 5A-C). Dentre as árvores, 12 espécies foram consideradas decíduas, o que representa 73,7 por cento dos indivíduos amostrados, enquanto três espécies foram semi-decíduas (10,24% dos indivíduos). Nos arbustos e nas herbáceas, quatro espécies foram decíduas, representando aproximadamente 50 por cento dos indivíduos (ver Tabela 1). Ao contrário das ervas, árvores e arbustos possuíram maior queda de folhas na estação seca. Não houve

correlação entre as fenofases vegetativas de árvores com qualquer fator abiótico. Nos arbustos e ervas, estas fenofases se correlacionaram negativamente com a precipitação do mês anterior à observação. Além disso, o brotamento nos arbustos teve correlação positiva significativa com a temperatura máxima, e a queda de folhas em herbáceas apresentou correlação positiva com as temperaturas e a precipitação do mês de observação (Tabela 2).

SAZONALIDADE DE RECURSOS – A vegetação da área estudada apresentou padrão fenológico significativamente sazonal para todas as fenofases, a não ser para a produção de frutos maduros, o que pode ser observado pelo baixo valor do comprimento do vetor médio ($r=0,193$), como pode ser observado na Tabela 3.

Os diferentes hábitos (árvores, arbustos, ervas e trepadeiras) observados na vegetação estudada apresentaram padrão sazonal para as datas de picos de produção de todas as fenofases analisadas (Tabela 3). Na fig. 6 podemos verificar o padrão sazonal dos recursos em cada hábito.

O teste de Watson-Willians mostrou diferenças nas datas médias de pico das fenofases entre os hábitos (Tabela 4). Houve diferença significativa entre as datas médias dos picos de floração entre árvores (18/set), arbustos (23/out), ervas (22/jul) e trepadeiras (29/abr). Quanto aos picos de frutificação, todas as comparações foram significativamente diferentes, a não ser quando foram comparadas árvores e ervas, com data média ocorrendo em 21/set e 02/set, respectivamente ($F=2,6$; $P > 0,05$). As datas médias dos picos de produção de folhas novas (brotamento) foram significativamente diferentes quando comparamos árvores e arbustos ($F=40,7$; $P < 0,05$), árvores e ervas ($F = 15,9$; $P < 0,05$), mas não demonstraram diferença significativa quando comparamos arbustos e ervas ($F = 0,91$; $P > 0,05$). O pico de produção dos recursos vegetais (folhas, flores e frutos) não se sobrepõe entre os hábitos, sendo temporalmente distribuído na comunidade.

DISCUSSÃO

A Restinga analisada apresenta fenologia sazonal para todos os eventos fenológicos, menos para a frutificação. Isto também foi observado na maioria dos hábitos estudados, com excessão das trepadeiras, nas quais a frutificação se mostrou bem mais sazonal, estando diretamente correlacionada com o período de chuvas. Esta frutificação no período chuvoso pode estar relacionada à produção de frutos carnosos observada nas espécies *Davilla* sp. (Dileniaceae) e *Phthirusa pyrifolia* (Lorathaceae), que representaram a maioria dos indivíduos de trepadeiras em atividade nesta região.

Em seus estudos, Croat (1975), Opler *et al.* (1976) e Ibarra-Manriquez *et al.* (1991), observaram floração de trepadeiras durante o período seco. No entanto, Ramírez (2002) e Marques *et al.* (2004) verificaram esta atividade no período chuvoso. Morellato e Leitão-Filho (1996) ao estudarem trepadeiras em uma floresta no Sudeste do Brasil, verificaram que estas espécies poderiam apresentar floração tanto na estação chuvosa quanto na seca, dependendo da família em que se encontrassem, sugerindo influência da filogenia, o que pode acontecer também na Restinga de Barreirinhas, onde não houve diferença na floração de trepadeiras durante as estações.

O brotamento de folhas foi a fenofase que apresentou maior sazonalidade na comunidade, no entanto, essa sazonalidade não se refletiu em todos os hábitos observados. Em trepadeiras, não foi observada sazonalidade na produção ou queda de folhas, semelhante ao registrado por Morellato e Leitão-Filho (1996). Segundo Mooney e Gartner (1991), as trepadeiras possuem considerável reserva de carboidratos em seus troncos e raízes que podem ser alocados na manutenção do crescimento e reprodução.

Para uma espécie decídua, *Tabebuia impetignosa* (Bignoniaceae), a produção de botões e flores coincidiu com a queda de folhas. No entanto, a produção de botões e flores da maioria das espécies decíduas e semidecíduas coincidiu com a produção de folhas novas, o que sugere grandes reservas de água no solo e baixo estresse hídrico (Borchert 1999).

Estudos anteriores com espécies arbóreas de restinga demonstraram baixa sazonalidade na fenologia das espécies (Morellato *et al.* 2000, Talora & Morellato 2000, Bencke & Morellato 2002, Medeiros *et al.* 2007), e não observaram correlação significativa com a precipitação. Em estudos no Sudeste do Brasil, o fotoperíodo foi o fator que mais influenciou a atividade fenológica das espécies vegetais, no entanto, no Nordeste esse fator é pouco variável, tornando-se pouco significativo.

Apesar de filogeneticamente mais parecidas, levando-se em consideração a composição das famílias ocorrentes na Restinga de Barreirinhas, árvores e trepadeiras possuem padrões fenológicos distintos. Isto pode ocorrer porque ocupam o mesmo hábitat, e diferenças no período de produção de flores e frutos diminuem a competição por polinizadores e dispersores, favorecendo o estabelecimento de ambas (Sarmiento & Monasterio 1983).

As espécies arbustivas mostraram padrões fenológicos semelhantes às arbóreas, o que é esperado, por possuírem sistemas radiculares relativamente profundos o que proporciona mecanismos semelhantes de captação e armazenamento de recursos, diminuindo o estresse hídrico e favorecendo as atividades fenológicas mesmo no período seco (Croat 1975, Sarmiento & Monasterio 1983, Wright & Calderon 1995).

Apesar da maioria dos trabalhos mostrar acentuada diminuição na floração de herbáceas na estação seca e concentração destas espécies florescendo na estação chuvosa (Croat 1975, Sarmiento & Monasterio 1983, Mantovani & Martins 1988, Batalha *et al.* 1997, Batalha & Mantovani 2000, Munhoz & Felfili 2005), o presente trabalho demonstrou a

diminuição desta atividade durante o período de chuvas. Também a queda de folhas em herbáceas apresentou maior atividade na estação chuvosa, o que, à primeira vista pode parecer contraditório, pois é esperado que a seca afete a fenologia das herbáceas, devido aos seus sistemas subterrâneos mais superficiais. Assim, o período chuvoso seria mais favorável à produção de flores e folhas por oferecer maior disponibilidade de água no substrato superficial do solo. No entanto, a Restinga estudada encontra-se numa área de lençóis freáticos rasos e grande volume de chuvas na estação úmida, o que proporciona afloramentos em algumas regiões, formando pequenas lagoas temporárias. Logo, o excesso de água diminui a oxigenação do solo e a respiração anaeróbica produz etileno, que causa epinastia e abscisão foliar (Taiz & Zeiger 2004) tornando-se prejudicial a essas atividades fenológicas.

Estudando a fenologia reprodutiva das espécies ocorrentes em uma savana na Venezuela, Ramírez (2002) também observou picos de atividade fenológica distintos entre os hábitos. O autor observou que estes padrões permaneciam independentemente do habitat em que as espécies se encontravam e sugeriu que combinações de hábitos podem proporcionar melhor distribuição de eventos reprodutivos entre as espécies ao longo do ano todo, com diferentes períodos de floração e frutificação.

No presente trabalho, além dos picos de floração e frutificação, também o período de pico de produção de folhas foi diferente entre os hábitos. Desta forma, os recursos podem ser oferecidos continuamente para a fauna de polinizadores, dispersores e herbívoros, e manter, por longo tempo, chuva de sementes, o que pode aumentar as oportunidades de estabelecimento.

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Manoel Nascimento pela permissão de realização do estudo em sua propriedade. Ao Dr. Luís Fernando Alberti pela ajuda no manuseio do programa ORIANA. À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida à primeira autora. A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), por ter possibilitado o estágio no Laboratório de Fenologia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. Ao CNPq pelas bolsas de produtividade em pesquisa da segunda e terceira autora e por financiar parte do projeto de pesquisa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATALHA, M. A. E W. MANTOVANI. 2000. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Rev. Bras. Biol.* 60: 129-145.
- BATALHA, M. A.; S. ARAGAKI, E W. MANTOVANI. 1997. Variações fenológicas das espécies do cerrado em Emas (Pirassununga, SP). *Acta Bot. Bras.* 11(1): 61-78.
- BENCKE, C. S. C. E L. P. C. MORELLATO. 2002. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Rev. Bras Bot.* 25: 237-248.
- BORCHERT, R. 1999. Climate periodicity, phenology and cambium activity in tropical dry forest trees. *Iawa J.* 20:239-247.
- CERQUEIRA, R. 2000. Biogeografia das restingas. *In* ESTEVES, F. A. E LACERDA, L. D., eds. *Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras*. Rio de Janeiro, UFRJ. p.65-75.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). 1996. Anexo da Resolução CONAMA 07/96, de 23 de julho de 1996. Diário Oficial da União. Brasília. Publicado em 26.08.1996.

CROAT, T. B. 1975. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). *Biotropica* 7: 270-277.

ESTEVES, F. A. E L. D. LACERDA 2000. Ecologia de restingas e lagoas costeiras. NUPEM/UFRJ, Macaé, 394 p.

FOURNIER, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24: 422-423.

FRANCO, A. C., D. M. VALERIANO, F. M. SANTOS, J. D. HAY, R. P. B. HENRIQUES, R. A. MEDEIROS. 1984. Os microclimas das zonas de vegetação da praia da restinga de Barra de Maricá, Rio de Janeiro. *In*: LACERDA, L. D., ARAUJO, D. S. D., CERQUEIRA, R. E TURCQ, B. eds. Restingas: Origem, estrutura e processos. CEUFF, Niterói, p.413-425

FRANKIE, G. W., H. G. BAKER E P. A. OPLER. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest sites of Costa Rica. *J. Ecol.* 62: 881-913.

HENRIQUES, R. P. B., M. L. MEIRELLES E J. D. HAY. 1984. Ordenação e distribuição de espécies das comunidades vegetais na praia da restinga de Barra de Maricá, Rio de Janeiro. *Rev. Bras. Bot* 7:27-36.

IBARRA-MANRÍQUEZ, G., B. SÁNCHEZ-GARFIAS E L. GONZÁLEZ-GARCIA. 1991. Fenologia de lianas y arboles anemocoros en una Selva Calido-Humeda de México. *Biotropica* 23: 242-254.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 1984. Atlas do Maranhão. Rio de Janeiro: IBGE.

KOVACH COMPUTING SERVICES. ORIANA for Windows, Kovach Computing. Services, Wales. Version 3, 2009

LACERDA, L. D., D. S. D. ARAUJO E N. C. MACIEL. 1993. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian Coast. *In*: VAN DER MAAREL, E. ed. Dry coastal-ecosystems: Africa, Asia, Oceania. Elsevier, Amsterdam, p. 477-493.

MANTOVANI, W. E F. R. MARTINS. 1988. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva Biológica de Moji Guaçu, Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Bot.* 11: 101-112.

MARQUES, M. C. M., J. J. ROPER E A. P. B. SALVALAGGIO. 2004. Phenological patterns among plant life forms in a Subtropical Forest in Southern Brazil. *Plant Ecol.* 173: 203-213.

MEDEIROS, D. P. W., A. V. LOPES E C. S. ZICKEL. 2007. Phenology of woody species in tropical coastal vegetation, northeastern Brazil. *Flora* 202: 513-520.

MIRANDA, I. S. E M. L. ABSY. 2000. Fisionomia das savanas de Roraima, Brasil. *Acta Amaz.* 30(3): 423-440.

MMA/IBAMA. 2002. Plano de manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses – MA.

MONASTERIO, M. E G. SARMIENTO. 1976. Phenological strategies em species of seasonal savana and semideciduous forest in the Venezuelan Llanos. *J. Biogeogr.* 3:325-355.

MOONEY, H. A. E B. L. GARTNER. 1991. Reserve economics of vines. *In*: PUTZ, F. E. e H. A. MOONEY. Eds. *The Biology of Vines*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 161-179.

MORELLATO, L.P.C., L. F. ALBERTI, E I. L. HUDSON. 2010 Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. *In*: KEATLEY, M. E I. L. HUDSON. Eds. *Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis*. New York, Springer, p. 357-371.

MORELLATO, L. P. C.; H. F. LEITAO-FILHO. 1996. Reproductive phenology of climbers in a southeasten Brazilian forest. *Biotropica*, 28: 180-191.

MORELLATO, L. P. C., D. C. TALORA, A. TAKAHASI, C. S. C. BENCKE, E. C. ROMERA E V. ZIPPARRO. 2000. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica* 32: 811-823.

MUNHOZ, C. B. R. E J. M. FELFILI. 2005. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 19(4): 981-990.

OPLER, P. A., G. W. FRANKIE E H. G. BAKER. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *J. Biogeogr.* 3: 231-236.

ORMOND, W. T. 1960. Ecologia das restingas do Sudeste do Brasil: comunidades vegetais das praias arenosas. Parte I. Arquivos do Museu Nacional 50:185-236.

RAMIREZ, N. 2002. Reproductive phenology, life-forms and habitats of the Venezuelan Central Plain. Am. J. Bot. 89(5):836-842.

RATHCKE, B. E. E. P. LACEY. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. Annu. Rev. Ecol. Syst. 16: 179-214.

SARMIENTO, G. E. M. MONASTERIO. 1983. Life forms and phenology. *In* Ecosystems of the word: Tropical savannas (F. BOURLIÈRE, ed.). Elsevier Science, Amsterdam, p. 79-108.

TAIZ, L. E. E. ZEIGER. Fisiologia Vegetal. Artmed, Porto Alegre - RS, 2004, 719p.

TALORA, D. C. E. L. P. C. MORELLATO. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. Rev. Bras. Bot 23: 13-26.

VAN SCHAIK, C. P., J. W. TERBORGH E S. J. WRIGHT. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. Annu. Rev. Ecol. Syst. 24: 353-377.

WALTER, H. Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global. EPU, São Paulo, 1986, 325p.

WRIGHT, S. J. E. O. CALDERON. 1995. Phylogenetic patterns among tropical flowering phenologies. J. Ecol. 83: 937-948.

WRIGHT, S. J. E. C. R. V. VAN SCHAIK. 1994. Light and the phenology of tropical trees. Am. Nat. 143: 192-199.

ZAR, J. H. 1999. Biostatistical analysis. 4ªed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 663p.

Tabela 1 – Lista das espécies observadas na restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil.

N = número de indivíduos, arb = arbusto, arv = árvore, erv = erva, trep = trepadeira, D= decídua, SD= semidecídua, SV= sempre-verde.

Família	Espécie	N	hábito	deciduidade
Acanthaceae	<i>Ruellia</i> sp.	1	arb	SV
Amaryllidaceae	<i>Rhodophiala</i> sp.	15	erv	SV
Anacardiaceae	<i>Anacardium microcarpum</i> Ducke	33	arv	D
Annonaceae	<i>Duguetia echinophora</i> R. E. Fries	9	arv	D
Apocynaceae	<i>Hymatanthus articulatus</i> Woods	27	arv	D
	<i>Mandevilla hirtella</i> Malme	1	trep	SV
	<i>Odontadenia nitida</i> (Vahl) Müll. Arg.	3	trep	SV
Asteraceae	<i>Vernonia fruticulosa</i> Mart.	5	erv	SV
	<i>Wulffia baccada</i> (L.) Kuntze	11	arb	SV
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea dispar</i> Bur ex K. Schum	2	trep	SV
	<i>Arrabidaea florida</i> A. DC.	13	trep	SV
	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart.) Standl.	10	arv	D
Bromeliaceae	indeterminada 1	4	erv	SV
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i>	19	arb	SV
Celastraceae	<i>Maytenus</i> sp.	13	arb	SV
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	3	arv	SV
	<i>Licania</i> sp.	2	arv	SV
Clusiaceae	<i>Clusia rosea</i> Jacq.	6	arv	SD
Commelinaceae	<i>Commelina elegans</i> HBK	4	erv	SV
Convolvulaceae	<i>Ipomoea cf martii</i> Meisn.	12	trep	SV
	<i>Ipomoea</i> sp.	2	trep	SV
Cyperaceae	<i>Scleria bracteata</i> Cav.	4	erv	SV
Dileniaceae	<i>Davilla</i> sp.	8	trep	SV
Eriocaulaceae	<i>Syngonanthus umbellatus</i> (Lam.) Ruhl.	15	erv	SV
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	1	arv	SV
	<i>Mabea pohliana</i> (Benth.) Müll. Arg.	5	trep	SV
Gentianaceae	<i>Irlbachia pratensis</i> (Kunth) L. Cobb & Maas	2	erv	SV
	<i>Schultesia guianensis</i> (Aubl.) Malme	2	erv	SV
	<i>Tetrapollinia caerulea</i> (Aubl.) Maguire & BM Boom.	2	erv	SV
Humiriaceae	<i>Humiria balsamifera</i>	42	arv	D
Lamiaceae	<i>Amasonia</i> sp.	7	erv	SV
Lauraceae	<i>Cassytha filiformis</i>	19	erv	SV
Leg./Caesalpinioideae	<i>Bauhinia</i> sp.	1	arv	SV
	<i>Caesalpinia cf bracteosa</i> Tul.	1	arv	D
	<i>Copaifera aff langsdorffii</i> Desf.	16	arv	D

Família	Espécie	N	hábito	Continuação...
				deciduidade
Leg./Papilionoideae	<i>Hymenea parviflora</i> Huber	37	arv	D
	<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.	1	erv	SV
	<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	8	arb	SV
	<i>Pterocarpus</i> sp.	2	arb	SV
	<i>Stylosanthes gracilis</i> Kunth.	1	arv	SV
	<i>Vatairea</i> sp.	6	arv	D
Loranthaceae	<i>Phthirusa pyrifolia</i> (HBK) Eichl.	41	trep	SV
Lythraceae	<i>Cuphea tenella</i> Hook. & Arn.	39	erv	SV
Malpighiaceae	<i>Byrsonima chrysophylla</i> Kunth.	70	arb	SV
	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) HBK	90	arb	SV
	<i>Heteropteris</i> sp.	7	trep	D
	<i>Stigmaphyllon paralias</i> A. Juss.	23	erv	D
Melastomataceae	<i>Comolia lytharioides</i> (Steudel) Naudin	18	erv	D
	<i>Mouriri guianensis</i> Aubl.	37	arv	D
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	28	arb	SV
	<i>Myrcia obtusa</i> Schauer	25	arb	D
	<i>Myrcia sylvatica</i> (Meyer) DC.	9	arv	D
	<i>Myrcia</i> sp1.	22	arb	SV
	<i>Myrcia</i> sp2.	123	arb	D
	indeterminada 2	5	arv	D
Ochnaceae	<i>Ouratea racemiformis</i> Ule	36	arb	SV
Orchidaceae	<i>Catasetum discolor</i> (Lindl.) Lindl.	27	erv	D
	<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	6	erv	D
	indeterminada 3	4	erv	SV
Poaceae	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	2	erv	SV
	<i>Homolepis isocalycia</i> (G.Mey.) Chase	5	erv	SV
Polygonaceae	<i>Coccoloba ramosissima</i> Wedd	2	arb	SV
Polygalaceae	<i>Securidaca bialata</i> Benth.	7	trep	SV
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	4	arv	SV
	<i>Borreria</i> sp.	3	erv	SV
	<i>Faramea</i> sp.	1	arb	SV
	<i>Perama hirsuta</i> Aubl.	1	erv	SV
	<i>Psychotria barbiflora</i> DC.	16	arb	SV
	<i>Staelia</i> sp.	3	erv	SV
	<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart.	17	arb	SV
	<i>Matayba cf guianensis</i> Aubl.	2	arb	SV
	<i>Matayba discolor</i> Radlk.	3	arb	SV
	<i>Manilkara triflora</i> (Allemão) Monach	14	arv	SV
Sapindaceae	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	18	arv	SV
	<i>Simaba cedron</i> Planch.	18	arv	SD
Simaroubaceae	<i>Ternstroemia dentata</i> (Aubl.) Sw.	10	arv	D
Theaceae	<i>Piriqueta cf cristoides</i> (L.) Gris	4	erv	SV
Turneraceae				

Família	Espécie	N	hábito	Continuação...
				deciduidade
	<i>Turnera ulmifolia</i> L.	3	erv	SV
Verbenaceae	<i>Lippia microphylla</i> Cham.	14	arb	SV
Xyridaceae	<i>Xyris paraensis</i> Poepp. ex Kunth	3	erv	SV
-	indeterminada 4	2	trep	SV
-	indeterminada 5	2	erv	SV
-	indeterminada 6	2	arv	SV
-	indeterminada 7	6	arv	SV
-	indeterminada 8	3	trep	SV
-	indeterminada 9	1	trep	SV
-	indeterminada 10	2	arb	SV
-	indeterminada 11	14	arv	SV

Tabela 2 – Correlação de Spearman (r_s) entre o dados abióticos (temperatura e precipitação) e as fenofases dos diferentes hábitos ocorrentes em uma vegetação de restinga em Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. Temp= temperatura; precip. 0= precipitação no mês de ocorrência da fenofase; precip. 1= precipitação do mês anterior. Asteriscos indicam diferenças significativas ($P < 0,05$).

	Temp máxima	Temp mínima	Temp média	Precip. 0	Precip. 1
Total					
botão	-0,19	-0,20	-0,29	0,27	-0,19
antese	0,17	-0,06	-0,008	-0,02	-0,21
frutos imaturos	0,36	0,25	0,27	-0,23	-0,17
frutos maduros	0,25	0,03	0,08	-0,01	-0,20
queda de folhas	0,23	-0,07	0,12	-0,08	-0,54*
brotamento	0,33	0,08	0,17	-0,10	-0,43*
Árvores					
botão	-0,22	-0,25	-0,30	0,31	-0,19
antese	0,48*	-0,01	0,25	-0,13	-0,71*
frutos imaturos	0,77*	0,80*	0,84*	-0,75*	-0,38
frutos maduros	0,38	0,69*	0,59*	-0,49*	0,004
queda de folhas	-0,07	-0,24	-0,16	0,20	-0,08
brotamento	0,009	-0,04	-0,07	0,10	-0,07
Arbustos					
botão	0,23	0,06	0,10	-0,13	-0,60*
antese	0,42*	0,28	0,31	-0,34	-0,51*
frutos imaturos	-0,34	-0,30	-0,35	0,23	0,56*
frutos maduros	-0,29	-0,52*	-0,42*	0,41*	0,10
queda de folhas	0,29	-0,05	0,15	-0,07	-0,52*
brotamento	0,50*	0,31	0,37	-0,32	-0,60*
Ervas					
botão	-0,45*	-0,26	-0,42*	0,43*	0,48*
antese	-0,45*	-0,55*	-0,58*	0,62*	0,31
frutos imaturos	-0,20	-0,01	-0,11	0,14	0,56*
frutos maduros	-0,64*	-0,72*	-0,67*	0,67*	0,10

	Continuação...				
queda de folhas	0,60*	0,47*	0,62*	-0,52*	-0,52*
brotamento	0,29	0,16	0,21	-0,13	-0,60*
Trepadeiras					
botão	-0,24	-0,19	-0,22	0,20	0,36
antese	-0,17	-0,08	-0,16	0,21	0,50*
frutos imaturos	0,33	0,38	0,36	-0,18	-0,11
frutos maduros	-0,64*	-0,72*	-0,67*	0,67*	0,32

Tabela 3 – Resultados da estatística circular para ocorrência de sazonalidade nos picos diferentes fenofases na comunidade e em diferentes hábitos ocorrentes em vegetação de restinga em Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil.

Variável	Botão	Antese	Fruto imaturo	Fruto maduro	Queda de folhas	Brotamento
Comunidade						
Número de observações	858	978	869	794	596	642
Vetor médio (μ)	237.365°	263.874°	347.182°	349.648°	268.225°	292.323°
Data média	29/ago	24/set	18/dez	20/dez	29/set	24/out
Comprimento do vetor médio (r)	0.332	0.311	0.225	0.193	0.398	0.501
Desvio Padrão	85.033°	87.553°	98.971°	103.858°	77.772°	67.361°
Teste de Rayleigh (Z)	94.823	94.678	43.973	29.705	94.42	161.155
Teste de Rayleigh (p)	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12
Árvores						
Número de observações	174	172	144	149	142	161
Vetor médio (μ)	255.047°	257.723°	256.041°	260.167°	215.118°	251.276°
Data média	16/set	18/set	17/set	21/set	06/ago	12/set
Comprimento do vetor médio (r)	0.376	0.461	0.272	0.317	0.368	0.357
Desvio Padrão	80.123°	71.34°	92.518°	86.807°	80.975°	82.282°
Teste de Rayleigh (Z)	24.619	36.494	10.616	15.007	19.269	20.471
Teste de Rayleigh (p)	2.03E-11	< 1E-12	2.45E-5	3.04E-7	4.28E-9	1.29E-9
Arbustos						
Número de observações	286	349	315	259	235	243
Vetor médio (μ)	253.066°	291.651°	5.353°	26.599°	257.921°	298.741°
Data média	14/set	23/out	06/jan	27/jan	18/set	30/out
Comprimento do vetor médio (r)	0.48	0.42	0.544	0.641	0.558	0.684
Desvio Padrão	69.457°	75.437°	63.234°	54.045°	61.918°	49.97°
Teste de Rayleigh (Z)	65.787	61.657	93.18	106.388	73.092	113.573
Teste de Rayleigh (p)	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12
Ervas						
Número de observações	83	90	93	82	65	43
Vetor médio (μ)	145.577°	200.086°	226.885°	241.215°	345.553°	308.971°
Data média	28/mai	22/jul	18/ago	02/set	16/dez	09/nov

						Continuação...
Comprimento do vetor médio (r)	0.523	0.604	0.489	0.466	0.649	0.435
Desvio Padrão	65.246°	57.492°	68.512°	70.822°	53.316°	73.936°
Teste de Rayleigh (Z)	22.693	32.883	22.259	17.793	27.344	8.134
Teste de Rayleigh (p)	1.39E-10	< 1E-12	2.15E-10	1.87E-8	1.33E-12	2.12E-4
Trepadeiras						
Número de observações	55	64	24	24		
Vetor médio (μ)	134.627°	117.734°	2.453°	2.509°		
Data média	16/mai	29/abr	03/jan	03/jan		
Comprimento do vetor médio (r)	0.368	0.457	0.998	0.997		
Desvio Padrão	81.064°	71.704°	3.689°	4.581°		
Teste de Rayleigh (Z)	7.43	13.366	23.901	23.847		
Teste de Rayleigh (p)	5.93E-4	1.57E-6	3.10E-10	3.24E-10		

Tabela 4 – Resultados do teste de Watson-Willians (F) para comparação dos ângulos médios entre as fenofases dos diferentes hábitos ocorrentes em vegetação de restinga Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. Asteriscos indicam diferenças significativas ($P < 0,05$).

Floração	árvore	arbusto	erva
árvore	-		
arbusto	21,8*	-	
erva	42,5*	115,3*	-
trepadeira	121,5*	141,3*	51,6*
Frutificação			
árvore	-		
arbusto	191,3*	-	
erva	2,6	210,1*	-
trepadeira	54,6*	6,65*	87,14*
Brotamento			
árvore	-		
arbusto	40,7*	-	
erva	15,9*	0,91	-

FIGURA 1- Diagrama climático para a região de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil, no período de 1988 a 2008, segundo Walter (1986). Zona com traços: período úmido; zona pontilhada: período seco; zona preta: período super úmido, com precipitação superior a 100 mm por mês.

FIGURA 2 – Fatores ambientais e fenologia das espécies da restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil, de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010. A: Temperatura média (linha contínua), máxima e mínima (linha pontilhada) e precipitação (barras cinzas). B-D: Porcentagem de indivíduos nas fenofases estudadas para a comunidade vegetal. Área sombreada representa estação chuvosa.

FIGURA 3 – Porcentagem de indivíduos em botão (linha tracejada) e antese (linha contínua), no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, na restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. A – árvores, B – arbustos, C – ervas e D – trepadeiras. Área sombreada representa estação chuvosa.

FIGURA 4 – Porcentagem de indivíduos com frutos verdes (linha tracejada) e frutos maduros (linha contínua), no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, na restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. A – árvores, B – arbustos, C – ervas e D – trepadeiras. Área sombreada representa estação chuvosa.

FIGURA 5 – Porcentagem de indivíduos em queda (linha tracejada) e brotamento de folhas (linha contínua), no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, na restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. A – árvores, B – arbustos e C – ervas. Área sombreada representa estação chuvosa.

FIGURA 6 – Histogramas circulares da frequência mensal média de indivíduos fenofases floração, frutificação e brotamento em uma vegetação de restinga em Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. A- árvores, B- arbustos, C- ervas e D- trepadeiras.

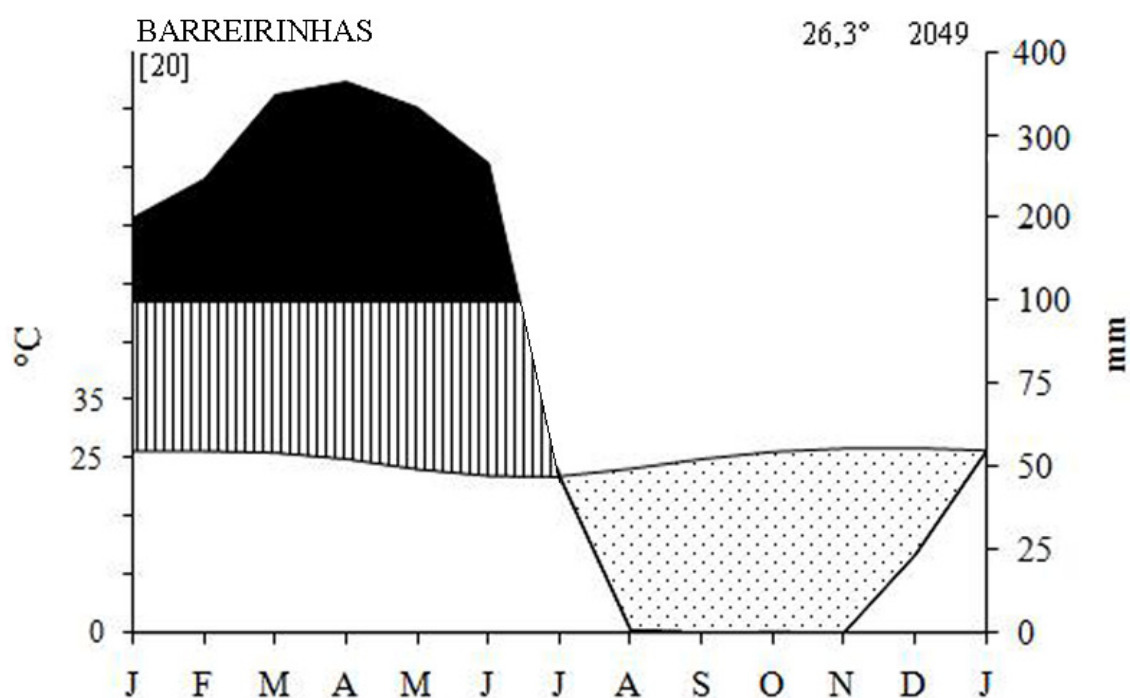


Figura 1- Diagrama climático para a região de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil, no período de 1988 a 2008, segundo Walter (1986). Zona com traços: período úmido; zona pontilhada: período seco; zona preta: período super úmido, com precipitação superior a 100 mm por mês.

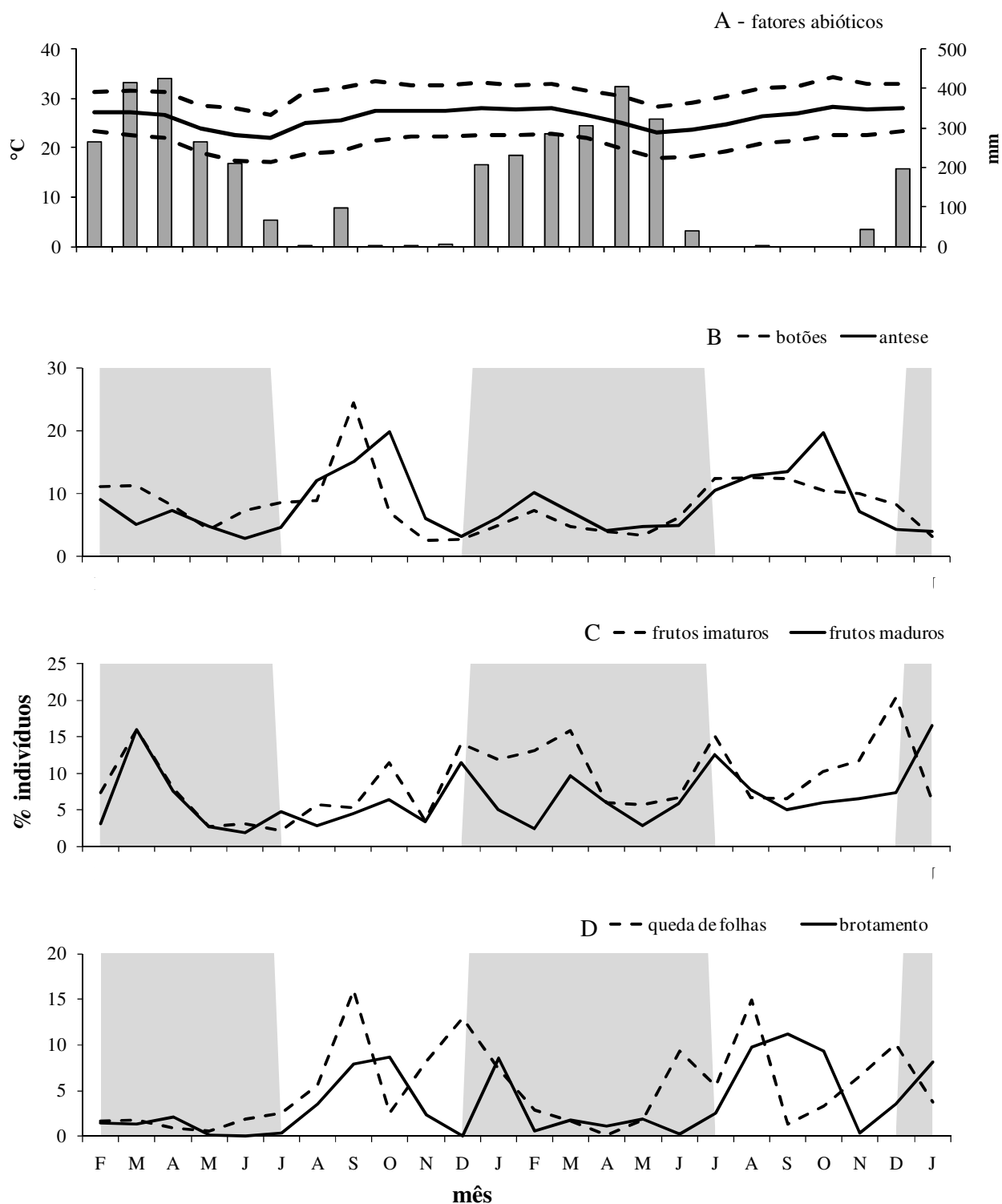


Figura 2 – Fatores ambientais e fenologia das espécies da restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil, de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010. A: Temperatura média (linha contínua), máxima e mínima (linha pontilhada) e precipitação (barras cinzas). B-D: Porcentagem de indivíduos nas fenofases estudadas para a comunidade vegetal. Área sombreada representa estação chuvosa.

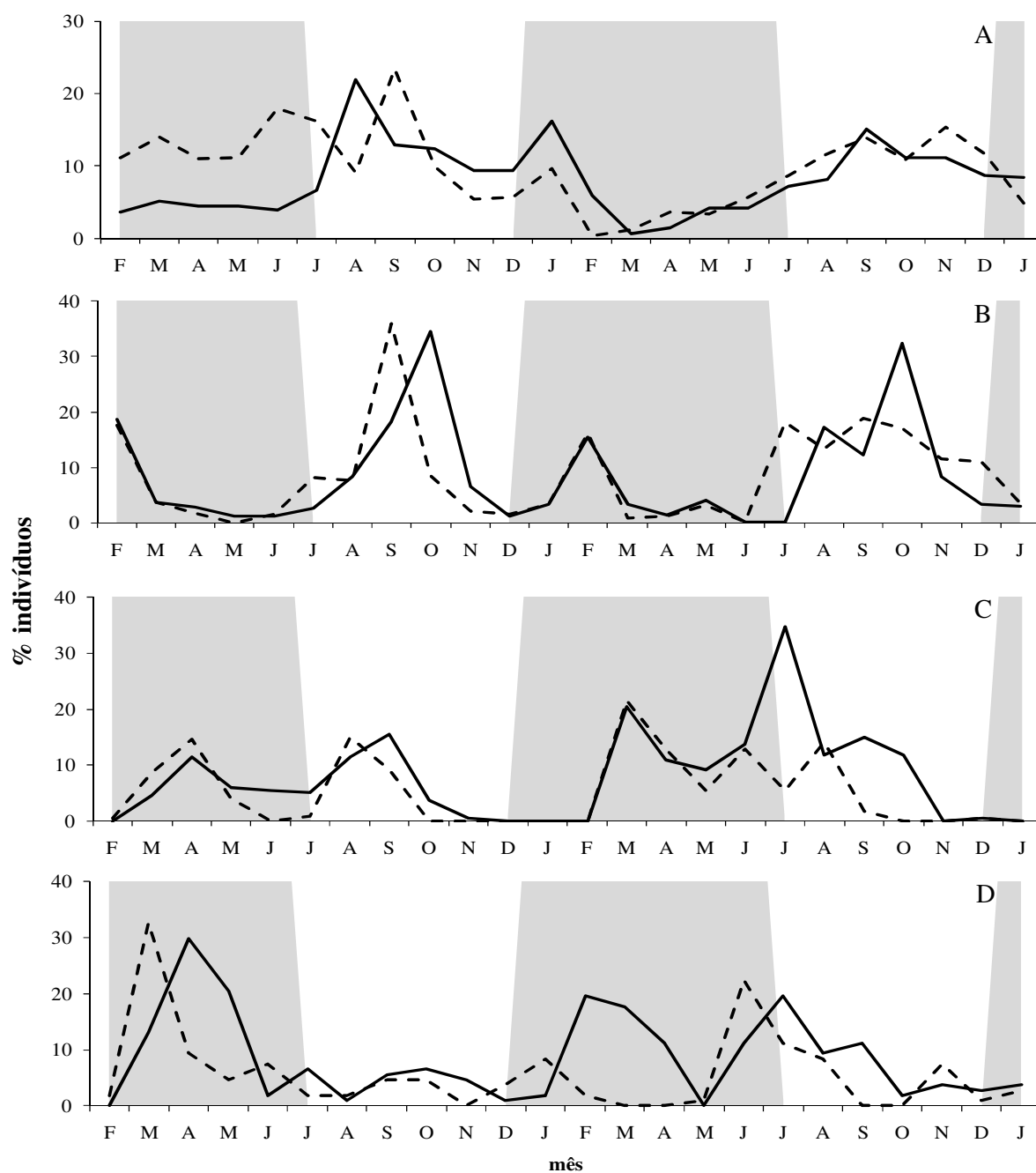


Figura 3 – Porcentagem de indivíduos em botão (linha tracejada) e antese (linha contínua), no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, na restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. A – árvores, B – arbustos, C – ervas e D – trepadeiras. Área sombreada representa estação chuvosa.

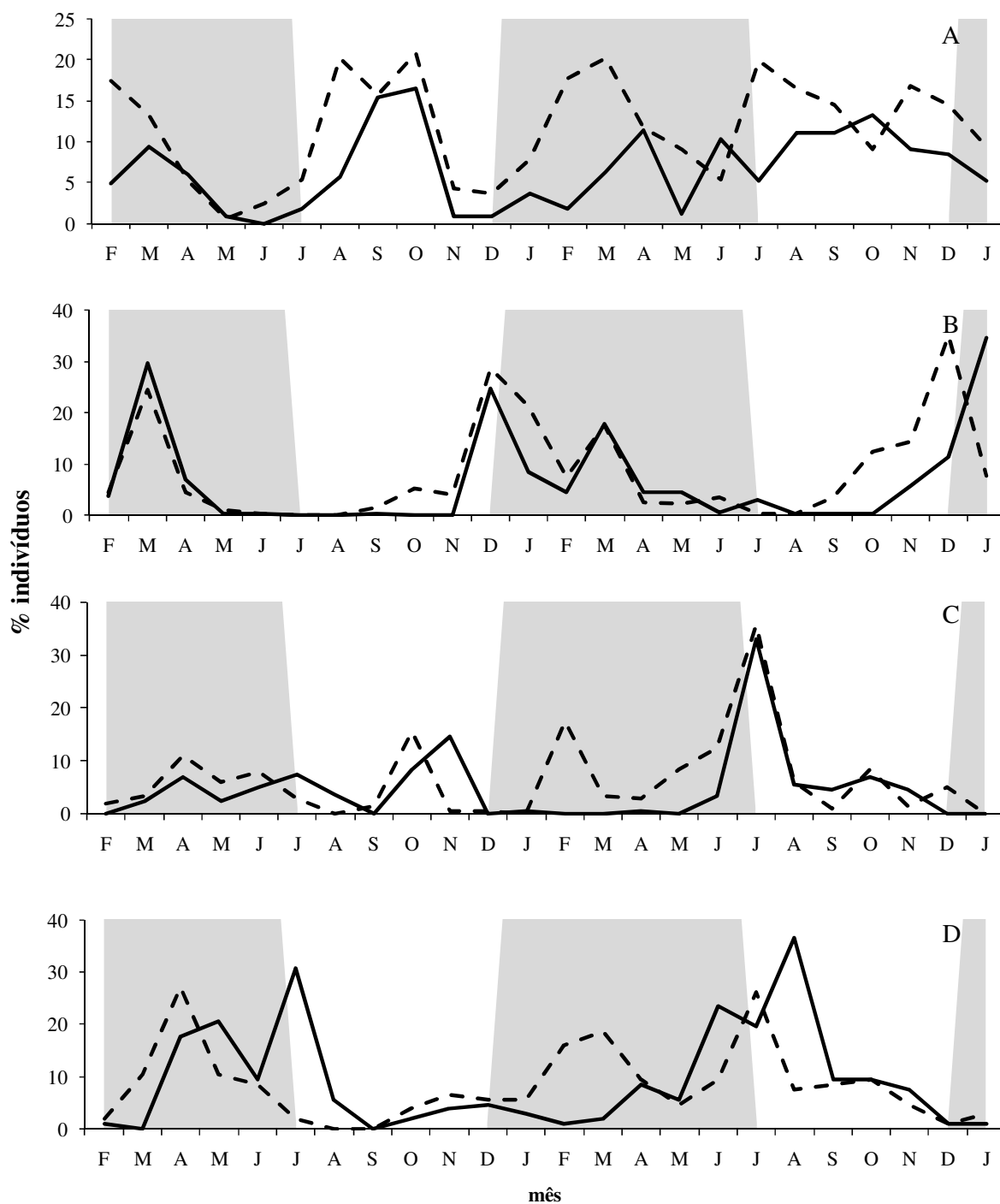


Figura 4 – Porcentagem de indivíduos com frutos verdes (linha tracejada) e frutos maduros (linha contínua), no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, na restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. A – árvores, B – arbustos, C – ervas e D – trepadeiras. Área sombreada representa estação chuvosa.

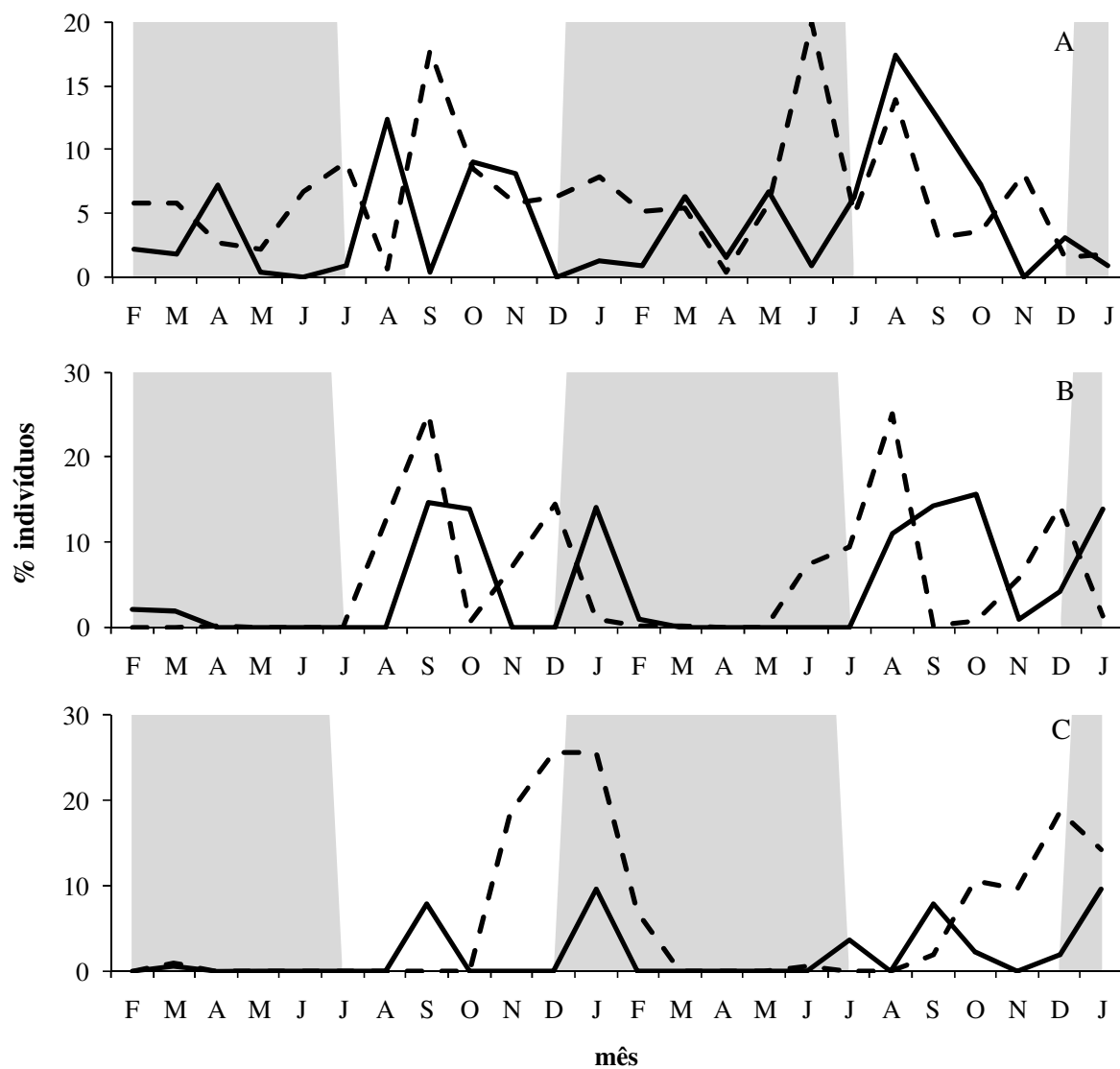


Figura 5 – Porcentagem de indivíduos em queda (linha tracejada) e brotamento de folhas (linha contínua), no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, na restinga de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. A – árvores, B – arbustos e C – ervas. Área sombreada representa estação chuvosa.

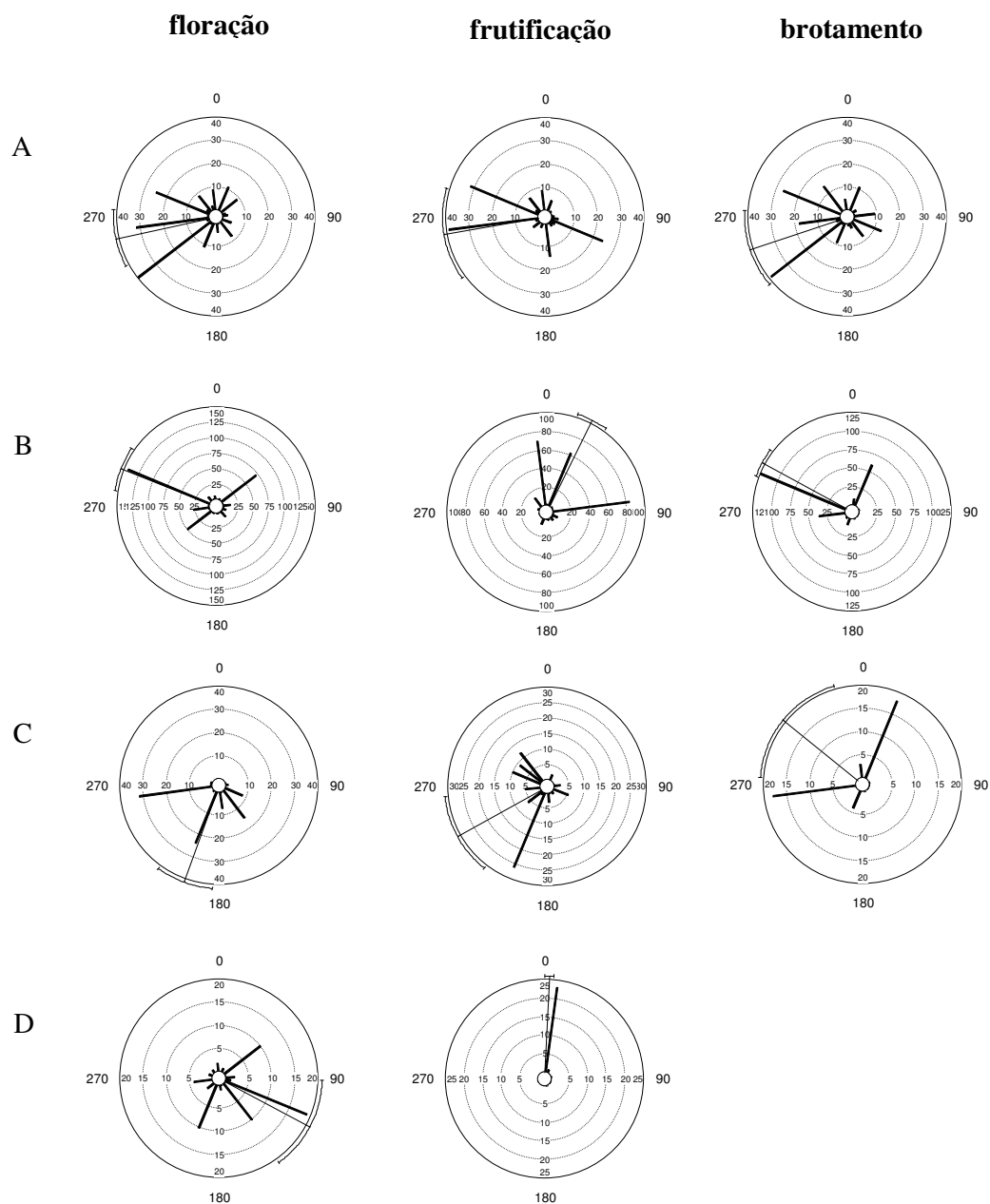


Figura 6 – Histogramas circulares da freqüência mensal média de indivíduos nas fenofases floração, frutificação e brotamento em uma vegetação de restinga em Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil. A- árvores, B- arbustos, C- ervas e D- trepadeiras.

Manuscrito 2

Atributos Florais, Síndromes de Polinização e Sistemas Sexuais de espécies ocorrentes em Restinga no Maranhão, Nordeste do Brasil

*A SER ENVIADO AO PERIÓDICO
FLORA*

**Atributos florais, síndromes de polinização e sistemas sexuais de espécies ocorrentes em
Restinga no Maranhão, Nordeste do Brasil**

Éville Karina Maciel Delgado Ribeiro¹, Márcia Maria Corrêa Rêgo² & Isabel Cristina
Machado³.

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Departamento de Botânica, CCB, Universidade Federal de Pernambuco, Rua Prof. Nelson Chaves, s/nº, Cidade Universitária, 50372-970, Recife, PE, Brasil. evillekarina@yahoo.com.br

² Departamento de Biologia, CCBS, Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses, s/n, Campus Universitário do Bacanga, 65085-580, São Luís, MA, Brasil. regommc@uol.com.br

³ Departamento de Botânica, CCB, Universidade Federal de Pernambuco, Rua Prof. Nelson Chaves, s/nº, Cidade Universitária, 50372-970, Recife, PE, Brasil. imachado@yahoo.com

RESUMO

O estudo dos atributos florais, das síndromes de polinização e dos sistemas sexuais de comunidades vegetais pode fornecer dados para responder a várias questões relacionadas à manutenção do fluxo gênico intraespecífico, sucesso reprodutivo, partilha e competição por polinizadores, e também sobre conservação de habitats naturais afetados por processos de fragmentação. Neste estudo investigamos as frequências dos atributos florais, das síndromes de polinização e dos sistemas sexuais, e analisamos a distribuição temporal dos recursos florais, comparando os diferentes hábitos (árvores, arbustos, ervas e trepadeiras) ocorrentes em uma reserva particular de Restinga, na Fazenda Buriti, situada no município de Barreirinhas (2°43'22,5"S; 42°49'50"W) estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. Além dos objetivos acima, o estudo testa a hipótese de que as frequências dos atributos e recursos florais, das síndromes de polinização e dos sistemas sexuais variam entre os hábitos da comunidade vegetal. Foram analisadas 88 espécies (1167 indivíduos) e, para cada uma foram registrados atributos florais (forma, tamanho, cor e simetria), recursos florais, sistemas sexuais e síndromes de polinização. A comunidade vegetal é caracterizada por maioria de flores claras, de tamanho pequeno, de tipo tubo (32,5% das espécies) ou disco (maioria dos indivíduos). Dentre os hábitos verificou-se a maioria de flores tubo em árvores, arbustos e trepadeiras. A simetria actinomorfa predominou dentre as espécies e indivíduos e o néctar foi o recurso mais frequente em todos os hábitos. Melitofilia foi a síndrome mais representativa e hermafroditismo foi o sistema sexual mais observado. Cantarofilia, falenofilia, esfingofilia e quiropterofilia foram observadas apenas em espécies arbóreas. Hermafroditismo foi registrado na maioria das espécies e indivíduos, enquanto dioecia foi registrada em 8 por cento das espécies e 6,3 por cento dos indivíduos (1 espécie herbácea, 2 arbóreas e 4 arbustivas), monoecia em 6,9 por cento das espécies e 4,7 por cento dos indivíduos. As frequências dos

atributos e recursos florais, das síndromes de polinização e dos sistemas sexuais mostraram-se diferentes entre os hábitos da comunidade vegetal, sugerindo que a maior quantidade de hábitos pode proporcionar maior diversidade de atributos numa comunidade.

Palavras-chave: Síndromes de polinização, comunidade, hábito, hermafroditismo

INTRODUÇÃO

A forma, o tamanho, a cor e o odor são alguns dos atributos florais que têm sido utilizados nos estudos de comunidades em diferentes ecossistemas, revelando importantes relações entre plantas e polinizadores. A morfologia floral tanto pode excluir visitantes quanto atrair polinizadores potenciais, seja pela relação interdependente entre o tamanho das flores e o dos polinizadores ou pela ocorrência de diferentes tipos de recursos florais (Frankie et al., 1983; Machado e Lopes, 2002, 2004).

O estudo dos atributos florais, das síndromes de polinização e dos sistemas sexuais de comunidades vegetais pode fornecer dados para responder a várias questões relacionadas à manutenção do fluxo gênico intraespecífico, sucesso reprodutivo, partilha e competição por polinizadores, e também sobre conservação de habitats naturais afetados por processos de fragmentação (Machado e Lopes, 2003, 2004).

As características de flores, e os sistemas sexuais e de polinização têm sido relacionados aos processos dinâmicos e sucessionais das comunidades de plantas. Os tipos e frequências de sistemas sexuais têm sido alvo de muitos estudos em diversos ecossistemas tropicais (Bawa, 1974, Bawa e Opler, 1975, Croat, 1979, Zapata e Arroyo, 1978, Sobrevila e Arroyo, 1982, Bawa et al., 1985a, Ormond et al., 1991, Ibarra-Manríquez e Oyama, 1992, Ramírez, 1993, Kress e Beach, 1994, Saraiva et al., 1996, Silva et al., 1997, Oliveira e Gibbs, 2000, Matallana et al., 2005, Machado et al., 2006, Vamosi, 2006, Lopes et al., 2009).

O ambiente em que as plantas ocorrem representa um importante fator de pressão seletiva sobre as estratégias de polinização, bem como a forma da planta, a predação e partilha por polinizadores (Opler et al., 1980; Waller, 1988). As comunidades vegetais geralmente são formadas por espécies que diferem em suas habilidades de captar e armazenar recursos, onde espécies que ocupam os estratos superiores, como árvores e trepadeiras, apresentam, em geral,

sistemas radiculares mais profundos, quando comparadas a espécies arbustivas e herbáceas dos estratos inferiores, e estão sujeitas a uma maior insolação, aumentando as diferenças entre os nichos ecológicos (Croat, 1975; Opler et al., 1980; Bawa et al. 1985b; Roth, 1987; Marques et al., 2004), o que pode representar também a estratificação da ocorrência de animais que, de alguma forma, dependem desses recursos para sua sobrevivência (Smith, 1973).

Diferenças podem ser esperadas em espécies de *status* sucessionais distintos: para alcançar êxito reprodutivo, as espécies de plantas colonizadoras devem apresentar caracteres florais que permitam visita e polinização por um grupo variado de visitantes florais ou um sistema reprodutivo autógamo (Parrish e Bazzaz, 1979; Lemus-Jiménez e Ramírez, 2003). Assim, neste trabalho testamos a hipótese de que as frequências dos atributos florais, das síndromes de polinização e dos sistemas sexuais variam entre os hábitos da comunidade vegetal.

Para isso, investigamos as frequências dos atributos florais, das síndromes de polinização e dos sistemas sexuais, além de analisar a distribuição temporal dos recursos florais, comparando as espécies e indivíduos dos diferentes hábitos ocorrentes em uma área de Restinga no Nordeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado em uma reserva particular, na Fazenda Buriti, situada no povoado de Cantinho, no Município de Barreirinhas (2°43'22,5"S; 42°49'50"W) localizado a

345 km de São Luís, capital do estado do Maranhão (IBGE, 1984). O município de Barreirinhas está incluído na área de influência do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. O clima da região é tropical megatérmico (enquadrando-se no tipo Aw' de acordo com a classificação de Köppen), com pluviosidade anual em torno de 2000 mm. Os dados climatológicos apontam duas estações bem definidas: uma chuvosa (janeiro a julho) e uma de estiagem (agosto a dezembro). A temperatura média anual pode variar entre 26°C e 27°C (Figura 1).

A vegetação do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses ocupa uma área de 453,28km² dos quais 89% são constituídos predominantemente por vegetação de Restinga (MMA/IBAMA, 2002). A área de estudos trata-se de uma Floresta Baixa de Restinga (*sensu* CONAMA, 1996), de substrato arenoso, com áreas onde ocorre afloramento do lençol freático durante alguns meses do ano (abril a julho).

Foram feitas excursões mensais ao local de estudo, de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, sendo amostrados todos os indivíduos encontrados em 100 parcelas de 10 x 10m, distribuídas em uma área de 60 hectares, totalizando 1 hectare de área amostrada.

Atributos florais

Para cada espécie foram registrados atributos florais como: forma, tamanho, cor e simetria. As flores das espécies coletadas foram classificadas de acordo com o tipo floral (“classes estruturais”), modificado de Faegri e Pijl (1979), considerando-se sete tipos florais: câmara, disco, estandarte, goela, pincel, tubo e inconspícuo (< 4 mm). O diâmetro floral foi medido com auxílio de paquímetro digital, em pelo menos 10 flores por espécie, provenientes de diferentes indivíduos, sendo, em seguida, classificadas como: pequena, ≤ 10 mm; média,

$>10 \leq 20$ mm; grande, $>20 \leq 30$ mm; e muito grande, > 30 mm (Machado e Lopes 2003, 2004). Em flores tubulares, tomou-se como medida o comprimento do tubo.

Foram utilizadas sete categorias de cores, considerando-se a cor predominante e mais conspícua das flores (Machado e Lopes 2003, 2004): amarela, branca, esverdeada (incluindo bege e creme), amarela, laranja, lilás/violeta (incluindo azul), rósea (claro a pink) e vermelha.

Recursos florais

Cinco classes de recursos florais foram consideradas: pólen, néctar, óleo, resina e odor, sendo considerado apenas o atrativo primário. Quando as flores apresentavam pólen e néctar, considerou-se o néctar como principal atrativo.

Para cada hábito foi realizada análise da distribuição temporal de recursos florais, baseada na observação da fenologia da floração e da apresentação de recursos durante o período de estudo.

Síndromes de polinização

Para estimar as frequências das síndromes de polinização, as características florais foram observadas em campo e laboratório, sendo as espécies agrupadas nas seguintes guildas: anemofilia (polinização pelo vento), cantarofilia (por besouros), esfingofilia (por esfingídeos), falenofilia (por mariposas), melitofilia (por abelhas), miiofilia (por moscas), psicofilia (por borboletas), ornitofilia (por aves), quiropterofilia (por morcegos) e polinização por “diversos pequenos insetos” (d.p.i.) (Faegri e Pijl, 1979).

Sistemas sexuais

O sistema sexual foi reconhecido por meio de observações em campo, em laboratório e material herborizado. As espécies foram classificadas, a partir da expressão sexual das flores, como: hermafroditas, monóicas e dióicas (*sensu* Richards, 1986).

Análises estatísticas

Foi feita análise de frequência dentre os diferentes hábitos das espécies vegetais: ervas, arbustos (lenhosas < 2 m de altura), árvores (> 2 m de altura) e trepadeiras (*sensu* Miranda e Absy, 2000) para as síndromes de polinização, sistemas sexuais, atributos (cor, tamanho e tipos) e recursos florais através do teste *G*, usando o software BioEstat 5.0 (Ayres et al. 2007).

RESULTADOS

A restinga de Barreirinhas está representada por 88 espécies (1167 indivíduos), distribuídas em pelo menos 72 gêneros e 41 famílias. As famílias mais representativas, em número de espécies são Leguminosae (9 espécies), Rubiaceae (7), Myrtaceae (6) e Malpighiaceae (4) (Tabela 1).

Dentre as espécies observadas, 26 possuem hábito arbóreo (o que representa 29,9% das espécies e 41% dos indivíduos), 21 são arbustos (23,6% das espécies e 41% dos indivíduos), 15 são trepadeiras (16,9% das espécies e 8,7% dos indivíduos) e 27 possuem hábito herbáceo (30,3% das espécies e 23,4% dos indivíduos).

Atributos Florais

Tipos florais e Simetria

Foi observada predominância de espécies com flores do tipo tubo (32,5%), seguidas de flores inconspícuas (18,2%), disco (14,3%), estandarte (13%) e pincel (13%). Os tipos restantes somaram 9,1 por cento das espécies. Quanto aos indivíduos, 27,8 por cento possui flores do tipo disco, seguidos de pincel (24,9%), tubo (23,2%), inconspícuo (12,4%) e 11,6 por cento representa a soma dos outros tipos florais (Figura 2).

Árvores, ervas e trepadeiras possuem, em sua maioria, espécies com flores do tipo tubo, enquanto arbustos apresentaram maioria de flores do tipo pincel. Quanto aos indivíduos, árvores continuam com maioria de flores tipo tubo e nos arbustos predomina o tipo pincel, enquanto nas ervas a maioria é do tipo disco e nas trepadeiras a maioria corresponde ao tipo inconspícuo (Tabela 2).

As frequências dos tipos florais foram similares entre espécies de cada hábito ($G = 20,12$; NS), mas foram diferentes entre os indivíduos ($G = 645,60$; $p < 0,01$).

A simetria actinomorfa predominou na vegetação (62,3% das espécies e 56,3% dos indivíduos), enquanto a simetria zigomorfa ocorreu em 37,7 por cento das espécies e 43,7 por cento dos indivíduos.

Tamanho

A maioria das espécies (64,4%) apresentou tamanho pequeno, seguida de flores médias (16,1%), muito grandes (13,8%) e grandes (5,7%). Nos indivíduos o padrão permanece, no entanto, há ligeira diminuição nas porcentagens de flores pequenas (44,6%), grandes (7,0%) e muito grandes (8,9%), e aumento de flores médias (39,7%). Em todos os hábitos foi observada maioria de flores pequenas, menos nos indivíduos arbustivos, nos quais a maioria foi de flores de tamanho médio (Tabela 2).

As frequências de tamanho de flores foram diferentes entre os hábitos tanto quanto ao número de espécies ($G = 43,62$; $p < 0,01$) quanto ao número de indivíduos ($G = 601,09$; $p < 0,01$).

Cor

A porcentagem de espécies com flores claras (flores brancas e esverdeadas) foi de 36,9 por cento, enquanto as espécies com flores vistosas (amarelas, laranjas, vermelhas, rosas e lilases) somaram 63,1 por cento. Quando analisamos os indivíduos, a porcentagem de flores claras sobe para 52 por cento (Figura 3).

Flores claras ocorreram principalmente em árvores (78,2% spp./82% ind.), arbustos (63,2% spp./65,5% ind.) e indivíduos de ervas (53,4%), enquanto a maioria de espécies herbáceas (65,3%) e as trepadeiras apresentaram flores de cores vistosas (81,9% spp./56,5% ind.) (Tabela 2). As frequências de cores claras e vistosas apresentaram diferenças significativas entre os hábitos quanto ao número de espécies ($G = 11,50$; $p \leq 0,05$) e indivíduos ($G = 200,59$; $p < 0,01$).

Recursos florais

Foi registrada grande variedade de tipos de recursos florais como néctar, pólen, óleo, resina e odor. O néctar foi o recurso mais frequente (74,0% das espécies e 50,3% dos indivíduos), seguido de pólen (18,2% spp/ 29,7% ind.) e óleo (5,2% spp/ 17,0% ind.) como pode ser observado na Figura 4.

Em todos os hábitos houve predomínio de espécies com flores nectaríferas. Quando observados os indivíduos o padrão permaneceu, a não ser para as espécies arbustivas, nas quais o pólen foi o principal recurso, sendo oferecido por 46,5 por cento dos indivíduos.

Houve oferta de óleo em todos os hábitos, menos nas árvores, onde a família Malpighiaceae não foi observada (Tabela 2). Resina foi observada apenas em flores de *Clusia rosea* (Clusiaceae), enquanto odor foi o recurso oferecido exclusivamente pela herbácea *Catasetum discolor* (Orchidaceae).

Os hábitos se mostraram diferentes quanto às frequências de recursos florais tanto em espécies ($G = 45,45$; $p < 0,01$) quanto em indivíduos ($G = 1165,57$; $p < 0,01$).

Também a distribuição temporal dos recursos mostrou-se diferente entre os hábitos. Nas árvores, a produção de néctar ocorreu durante todo ano, com maior porcentagem ocorrendo no período seco e nos arbustos a disponibilidade deste recurso ocorreu discretamente durante quase todo o período de estudo (Figura 5A-B). Nas ervas e trepadeiras a maior porcentagem de néctar foi observada no período chuvoso no primeiro ano de observação (Figura 5C-D).

Nas árvores e arbustos, o pólen foi disponibilizado, em sua maioria, no período seco, enquanto nas espécies herbáceas e trepadeiras a produção deste recurso ocorreu em ambas as estações (Figura 5A-D).

Quanto ao óleo, este foi disponibilizado durante quase todo o período de estudo, não havendo sobreposição na maioria dos picos de oferta entre os hábitos (Figura 5B-D).

A longo de dois anos de observação, a oferta de resina na comunidade ocorreu no final da estação chuvosa (Figura 6A e C) e de odor ocorreu durante a estação seca (Figura 5C).

Houve contínua disponibilidade de recursos florais na comunidade durante os dois anos de observação (Figura 5E).

Síndromes de polinização

Melitofilia foi a síndrome de polinização mais representativa na comunidade, observada em 51,3 por cento das espécies e 66,8 por cento dos indivíduos, seguida de polinização por “diversos pequenos insetos” (14,1% spp./ 10,2% ind.) e psicofilia (10,3% spp./ 6,6% ind.) (Figura 6).

A melitofilia também foi a síndrome mais freqüente em todos os hábitos. Cantarofilia, falenofilia, esfingofilia e quiropterofilia foram observadas apenas em espécies arbóreas e miofilia não foi registrada apenas em trepadeiras. Ornitofilia foi observada apenas em arbustos e ervas, enquanto anemofilia foi restrita às espécies herbáceas (Tabela 2).

As freqüências de síndromes de polinização foram diferentes entre os hábitos quanto ao número de espécies ($G = 58,59$; $p < 0,01$) e indivíduos ($G = 549,24$; $p < 0,01$).

Sistemas sexuais

Foi observada maior freqüência de espécies hermafroditas (85,1%), seguidas pelas monóicas (8,0%) e dióicas (6,9%) (Tabela 3). Nos indivíduos também a maioria estava representada por flores hermafroditas (89,0%), seguidas por dióicas (6,3%) e monóicas (4,7%).

Hermafroditismo foi o sistema sexual mais observado em todos os hábitos da comunidade, tanto em espécies, quanto em indivíduos (Tabela 2). A dioicia foi observada em sete espécies: uma herbácea - *Catasetum discolor* (Orchidaceae), duas arbóreas - *Amaioua guianensis* (Rubiaceae) e *Clusia rosea* (Clusiaceae) – e quatro arbustivas - *Coccoloba ramosissima* (Polygonaceae), *Matayba cf guianensis* (Sapindaceae), *Maytenus* sp. (Celastraceae) e *Protium heptaphyllum* (Burseraceae). As espécies monóicas foram: uma trepadeira - *Mabea pohliana* (Euphorbiaceae), duas ervas – *Scleria bracteata* (Cyperaceae) e *Syngonanthus umbellatus* (Eriocaulaceae), um arbusto - *Wulffia baccada* (Asteraceae) e duas

árvores - *Croton* sp. (Euphorbiaceae) e *Simaba cedron* (Simaroubaceae), como pode ser observado na Tabela 1.

Os hábitos mostraram diferentes frequências de sistemas sexuais tanto quando observamos as espécies ($G = 49,42$; $p < 0,01$) quanto os indivíduos ($G = 835,54$; $p < 0,01$).

DISCUSSÃO

A maioria das espécies observadas na restinga de Barreirinhas possui flores claras, o que também foi observado em outros ecossistemas no Brasil, como Cerrado (Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger, 1988; Oliveira e Gibbs, 2000) e Mata Atlântica (Araújo et al. 2009). Essa característica pode estar relacionada com polinização generalista e também ao hábito arbóreo (Bawa et al., 1985b), no entanto, na comunidade estudada, prevaleceu em quase todos os hábitos.

A frequência de ocorrência de espécies com flores claras decresceu gradativamente entre árvores, arbustos, ervas e trepadeiras, semelhante ao observado no estudo de Araújo et al. (2009). A maior porcentagem de flores vistosas observadas nas trepadeiras deve-se à presença de espécies das famílias Apocynaceae (com flores amarelas), Bignoniaceae e Convolvulaceae (flores de coloração lilás/violeta).

A simetria actinomorfa é a mais observada em flores de comunidades tropicais. Neste trabalho a maior frequência desta simetria está associada às flores tubulares, que podem ser encontradas nas famílias Rubiaceae e Apocynaceae, e às flores do tipo pincel das mirtáceas, fortemente representadas na comunidade. Já a simetria zigomorfa foi bem representada pelas flores abertas, tipo disco, encontradas nas espécies e indivíduos da família Malpighiaceae.

O predomínio de espécies nectaríferas encontrado na comunidade correspondeu ao observado em outros ecossistemas tropicais como Caatinga (Machado e Lopes, 2004),

Cerrado (Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger, 1988; Oliveira e Gibbs, 2000), Mata Atlântica (Araújo et al., 2009) e também na Restinga do Rio de Janeiro (Ormond et al., 1993).

A maioria de “flores de pólen” em indivíduos arbustivos, contrapondo-se à maioria de “flores de néctar” em espécies e indivíduos de todo os outros hábitos deu-se, principalmente, pela presença do arbusto *Myrcia sylvatica* (Myrtaceae), espécie de maior abundância na comunidade. A presença de néctar como principal recurso, seguido de pólen também foi observada em todos os hábitos de uma área de Mata Atlântica na Paraíba (Araújo et al., 2009).

Dentre os recursos florais, o néctar é o mais observado entre as espécies e pode estar relacionado a diferentes vetores de polinização (Baker, 1975; Percival, 1965; Proctor et al., 1996). No entanto, óleo e resina são recursos que representam relações mais íntimas entre plantas e animais, sendo coletados apenas por abelhas, e utilizados na construção de ninhos e na alimentação de suas larvas (Vogel, 1974; Simpson & Neff, 1981; Armbruster, 1984; Vinson *et al.* 1997). Neste sentido, as espécies de Malpighiaceae, bem como *Clusia rosea*, são importantes por promover a manutenção de espécies de abelhas na comunidade, e também importantes para a reprodução de outras espécies vegetais polinizadas por essas abelhas.

A ocorrência de recursos variados observada na comunidade, além da baixa ocorrência de polinização abiótica deve estar relacionada à necessidade de vetores para polinização e as diferenças observadas na distribuição temporal de recursos demonstram que a presença de espécies de diferentes hábitos pode promover a continuidade e manutenção de recursos para a fauna de polinizadores durante todo o ano.

Nos estudos enfocando síndromes de polinização, as abelhas aparecem como o principal agente promotor de polinização nos trópicos (*e.g.* Bawa et al., 1985b; Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger, 1988; Oliveira e Gibbs 2000; Ramírez, 1992, 2004; Lemus-Jiménez e Ramírez, 2003; Machado e Lopes, 2003, 2004; Martins e Batalha, 2006; Kinoshita, 2006; Yamamoto et al., 2007). Na Restinga do Rio de Janeiro, a melitofilia foi observada em

40,8 por cento das espécies nectaríferas (Ormond et al., 1993). No presente estudo a melitofilia predominou entre as espécies e indivíduos de todos os hábitos observados, semelhante ao observado nos estudos de Ramírez (2004) e Araújo et al. (2009).

No entanto, diferenças nos modos de polinização entre hábitos foram observadas: excluindo a melitofilia, assim como neste estudo, Ramírez (2004) observou que o vento era importante vetor em herbáceas, enquanto borboletas e moscas foram importantes em espécies arbustivas, em ambiente savânico na Venezuela. No entanto, enquanto “diversos pequenos insetos” foram importantes para as espécies arbóreas da comunidade de Restinga, na savana da Venezuela, borboletas e moscas foram mais importantes.

Ramírez (2004) sugere que a polinização por vento e borboletas em herbáceas está relacionada a estágios primários de sucessão, ocorrendo em ambientes mais abertos.

A polinização por vertebrados (aves e morcegos) obteve uma frequência baixa, somando apenas 6,4 por cento das espécies e 6,7 por cento dos indivíduos. Estudos demonstram que a ornitofilia ocorre em 10-15 por cento das espécies nos trópicos (Feinsinger, 1983), no entanto, no Brasil observa-se a uma frequência que varia de 1,8 por cento das espécies no Cerrado (Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger, 1988) a 13,1 por cento em Caatinga (Machado e Lopes, 2004).

O baixo índice de ornitofilia no presente estudo, que foi observada apenas nos hábitos arbustivo e herbáceo, pode estar relacionado a pouca ocorrência de espécies de famílias como Acanthaceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Gesneriaceae, Passifloraceae, Loranthaceae e Sterculiaceae, que são citadas na literatura como espécies relacionadas a esta síndrome (ver Stiles, 1978; Machado e Lopes, 2004).

Em Planície Costeira na Venezuela, não foram observados vertebrados polinizadores, sendo esta ausência atribuída a condições extremas da área, como altas temperaturas, baixa pluviosidade e ventos fortes (Lemus-Jimenez e Ramírez, 2003).

As plantas polinizadas por morcegos geralmente são árvores com flores grandes e robustas, e ainda algumas epífitas, sendo raros casos de quiropterofilia em ervas (Machado e Lopes, 2003). No presente estudo, a quiropterofilia foi restrita a apenas uma espécie arbórea, *Hymenea parviflora* (Leguminosae).

A maior frequência de espécies hermafroditas, seguida de monoícia e dioícia encontradas no presente estudo, está de acordo com os índices observados na maioria dos estudos em comunidades de ecossistemas neotropicais (ver Croat, 1979, Sobrevila e Arroyo, 1982, Bullock, 1985, Ramírez e Brito, 1990, Kress e Beach, 1994, Tabla e Bullock, 2002, Machado et al., 2006).

No presente estudo, a maioria das espécies dióicas foi observada nos arbustos (Tabela 3). Analisando apenas a Restinga, observamos maior índice de dioícia em relação à monoícia nos estudos de Ormond et al. (1991) e Matallana et al. (2005), ambos realizados no sudeste do Brasil. Estes estudos demonstram que o aumento da frequência de espécies dióicas deve-se, principalmente, ao hábito arbóreo.

As diferenças entre os índices de dioícia deste estudo e das restingas do Rio de Janeiro (Ormond et al., 1991, Matallana et al., 2005) se deram, principalmente, pelas diferenças na composição florística das áreas. No Rio de Janeiro houve uma alta dominância de dióicas (17 espécies/ 9 famílias), enquanto no Maranhão observamos apenas seis espécies em seis famílias.

A ocorrência de dioícia tem sido relacionada a espécies lenhosas, polinização por diversos pequenos insetos, além de zoocoria especializada (Bawa et al., 1985a, Ibarra-Manríquez e Oyama, 1992, Machado et al., 2006). No entanto, Renner e Feil (1993), ao estudar espécies dióicas de florestas tropicais, sugeriram que este tipo de relação está ligada à falta de estudos detalhados, com enfoque filogenético.

A alta ocorrência de características como flores de cores claras, pequenas, actinomorfas e hermafroditas sugerem relações generalistas entre espécies de plantas e polinizadores. No entanto, somente estudo sistemático e observação de agentes polinizadores poderiam elucidar sobre a diversidade de interações entre as espécies neste ambiente de Restinga.

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Manoel Nascimento pela permissão de realização do estudo em sua propriedade. À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida à primeira autora. Ao CNPq pelas bolsas de produtividade em pesquisa da terceira autora e por financiar parte do projeto de pesquisa (Edital Universal – 2008).

REFERÊNCIAS

Araújo, J.L.O., Quirino, Z.G.M., Costa-Neto, P.C.G., Araújo, A.C, 2009. Síndromes de polinização ocorrentes em uma área de Mata Atlântica, Paraíba, Brasil. *Biotemas* 22, 83-94.

Armbruster, W.S., 1984. The role of resin in Angiosperm pollination: ecological and chemical considerations. *Am. J. Bot.* 71, 1149-1160.

Ayres, M., Ayres, J.R.M., Ayres, D.L., Santos, A.S, 2007. BioEstat versão 4.0: Aplicações estatísticas nas áreas de ciências biológicas e médicas. Belém, Sociedade Civil Manirauá e CNPq.

Baker, H., 1975. Studies of nectar-constitution and pollination-plant coevolution. In: Gilbert, L.E., Raven, P.H. (eds.), *Coevolution of animals and plants*. Austin, University of Texas, pp. 100-114.

Bawa, K.S., 1974. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution* 28, 85–92.

Bawa, K.S., Bullock, S.H., Perry, D.R., Coville, R.E., Grayum, M.H., 1985b. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *Am. J. Bot* 72, 331-345.

Bawa, K.S., Opler, P.A., 1975. Dioecism in tropical forest trees. *Evolution* 29, 167–179.

Bawa, K.S., Perry, D.R., Beach, J.H., 1985a. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. *Am. J. Bot* 72, 346-356.

Bullock, S.L., 1985. Breeding systems in the flora of a Tropical Deciduous Forest in Mexico. *Biotropica* 17, 287-301.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). 1996. Anexo da Resolução CONAMA 07/96, de 23 de julho de 1996. Diário Oficial da União. Brasília. Publicado em 26.08.1996.

Croat, T.B., 1975. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). *Biotropica* 7, 270-277.

Croat, T.B., 1979. The sexuality of the Barro Colorado Island flora (Panama). *Phytologia* 42, 319-48.

Faegri, K., Van der Pijl, L., 1979. The principle of pollination ecology. Pergamon Press, Oxford.

Feinsinger, P., 1983. Coevolution and and pollinators. In: Futuyama, D.J., Slatkin, M. (eds.), *Coevolution*. Massachusetts, Sinauer, p. 282-310.

Frankie, G.W., Harber, W.A., Opler, P.A, Bawa, K.S., 1983. Characteristics and organization of the large bee pollination systems in the Costa Rican dry forest. In: Jones, C.E., Little, R.J. (eds.), *Handbook of experimental pollination biology*. New York, Van Nostrand Reinhold Company Inc., pp. 411-447.

Ibarra-Manríquez, G., Oyama, K., 1992. Ecological correlates of reproductive traits of Mexican rain forest trees. *Am. J. Bot.* 79, 344-356.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 1984. Atlas do Maranhão. Rio de Janeiro, IBGE.

Kinoshita, L.S., Torres, R.B., Forni-Martins, E.R., Spinelli, T., Ahn, I.J., Constâncio, S.S., 2006. Composição florística e síndromes de polinização e de dispersão da mata do Sítio São Francisco, Campinas, SP, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 30, 313-327.

Kress, W.J., Beach, J.H., 1994. Flowering plant reproductive systems. In: Mcdade, L.A., Bawa, K.S., Hespenheide, H., Hartshorn, G. (eds.). *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest*. Chicago, University of Chicago Press, pp. 161–182.

Lemus-Jiménez, L. J., Ramírez, N., 2003. Polinizacion y polinizadores en la vegetacion de la planicie costera de Paraguana, estado Falcon, Venezuela. *Ecotropicos* 54, 97-114.

Lopes, A.V., Girão, L.C., Santos, B.A., Peres, C.A., Tabarelli, M., 2009. Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic Forest fragments. ***Biol. Cons.*** 142, 1154-1165.

Machado, I.C., Lopes, A.V., 2002. A Polinização em ecossistemas de Pernambuco: uma revisão do estado atual do conhecimento In: Tabarelli, M., Silva, J.M.C. (eds.) *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco*. Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio-Ambiente, Fundação Joaquim Nabuco e Editora Massangana, Recife. pp. 583–596.

Machado, I.C., Lopes, A.V., 2003. Recursos florais e sistemas de polinização e sexuais em Caatinga. In: Leal, I.R.; Silva, J.M.C. (eds.) *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente e Editora Universitária, Recife. pp. 514–553.

Machado, I.C., Lopes, A.V., 2004. Floral traits and pollination systems in the caatinga, a brazilian tropical dry forest. *Ann. Bot.* 94, 365-376.

Machado, I.C., Lopes, A.V., Sazima, M., 2006. Plant sexual systems and a review of the breeding system studies in the caatinga, a brazilian tropical dry forest. *Ann. Bot.* 97, 277-287.

Marques, M.C.M., Roper, J.J., Salvalaggio, A.P.B., 2004. Phenological patterns among plant life forms in a Subtropical Forest in Southern Brazil. *Plant Ecology* 173, 203-213.

Martins, F.Q., Batalha, M.A., 2006. Pollination systems and floral traits in cerrado woody species of the upper Taquari Region (Central Brazil). *Braz. J. Biol.* 66, 543-552.

Matallana, G., Wendt, T., Araújo, D.S.D., Scarano, F.R., 2005. High abundance of dioecious plants in a tropical coastal vegetation. **Am. J. Bot.** 92, 1513-1519.

Miranda, I.S., Absy, M.L., 2000. Fisionomia das savanas de Roraima, Brasil. *Acta Amazonica* 30, 423-440.

MMA/IBAMA, 2002. Plano de manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses – MA.

Oliveira, P.E., Gibbs, P.E., 2000. Reproductive biology of wood plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora* 195, 311-329.

Opler, P.A., Frankie, G. W., Baker, H.G., 1980. Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *J. Ecol.* 68, 167-188.

Ormond, W.T., Pinheiro, M.C.B., Alves, H., Correia, M.C.R., Castro, A.C., 1991. Sexualidade das plantas da restinga de Maricá, RJ. *Bol. Mus. Nac.* 87, 1-24.

Ormond, W.T., Pinheiro, M.C.B., Lima, H.A., Correia, M.C.R., Pimenta, M.L., 1993. Estudo das recompensas florais das plantas da restinga de Maricá, RJ. I - Nectaríferas. *Bradea* 6, 179-195.

Parrish, J.A.D., Bazzaz, F.A., 1979. Difference in pollination niche relationship in early and late successional plant communities. *Ecology* 60, 597-610.

Percival, M.S., 1965. *Floral biology*. Oxford, Pergamon Press.

Proctor, M., Yeo, P., Lack, A., 1996. *The natural history of pollination*. London, Harper Collins Publishers.

Ramírez, N., 1992. Especificidad de los sistemas de polinización em uma comunidade arbustiva de La Guayana Venezolana. *Ecotropicos* 5, 1-19.

Ramírez, N., 1993. Reproductive biology in a tropical shrubland of Venezuelan Guayana. *J. Veg. Sc.* 4, 5-12.

Ramírez, N., 2004. Ecology of pollination in a tropical Venezuelan savanna. *Plant Ecol.*, 173: 171-189.

Ramírez, N., Brito, Y., 1990. Reproductive biology of a palm swamp community in the Venezuelan llanos. *Am. J. Bot.* 77, 1260-1271.

Renner, S.S., Fiel, J.P., 1993. Pollinators of tropical dioecious angiosperms. *Am. J. Bot.* 80, 1100-1107.

Richards, A.J., 1986. Plant breeding systems. Allen and Unwin, London.

Roth, I., 1987. Stratification of a tropical forest as seen in dispersal types. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht.

Saraiva, L.C., Cesar, O., Monteiro, R., 1996. Breeding systems of shrubs and trees of a Brazilian savanna. *Braz. Arch. Biol. Tech.* 39, 751-766.

Silberbauer-Gottsberger, I., Gottsberger, G., 1988. A polinização de plantas do cerrado. *Rev. Bras. Biol.* 48, 651-663.

Silva, A.G., Guedes-Bruni, R.R., Lima, M.P.M., 1997. Sistemas sexuais e recursos florais do componente arbustivo-arbóreo em mata preservada na reserva ecológica de Macaé de Cima. In: Lima, M.P.M., Guedes-Bruni, R.R. (eds.). *Serra de Macaé de Cima: Diversidade Florística e Conservação em Mata Atlântica*. Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, pp. 187-211.

Simpson, B.B., Neff, J.L., 1981. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. *Ann. Miss. Bot. Gard.* 68, 301-322.

Smith, A.P., 1973. Stratification of temperate and tropical forest. *Am. Nat.* 107, 671-683.

Sobrevila, C., Arroyo, M.T.K., 1982. Breeding systems in a montane tropical cloud forest in Venezuela. *Plant Syst. Evol.* 140, 19-37.

Stiles, F.G., 1978. Temporal organization of flowering among the hummingbird food plants of a tropical wet forest. *Biotropica* 10, 194-210.

Tabla, V.P., Bullock, S., 2002. La polinización en la selva tropical de Chamela. In: Noguera, F.A., Rivera, J.H.V., Aldete, A.N.G. e Avendaño, M.Q. (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Mexico, UNAM, pp. 499-515.

Vamosi, S.M., 2006. A reconsideration of the reproductive biology of the Atlantic Forest in the Volta Velha Reserve. *Biod. Cons.* 15, 1417-1424.

Vinson, S.B., Williams, H.J., Frankie, G.W., Shrum, G., 1997. Floral lipid chemistry of *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae) and a use of floral lipids by *Centris* bees (Hymenoptera: Apidae). *Biotropica* 29, 76-83.

Vogel, S., 1974. Ölblumen und ölsammelnde Bienen. Akademie der Wissenschaften und der Literatur. Tropische und subtropische Pflanzenwelt 7. Franz. Steiner Verlag, Wiesbaden.

Waller, D.M., 1988. Plant morphology and reproduction. In: J.L. Doust ; L.L. Doust (eds) *Plant reproductive ecology – patterns and strategies*. New York, Oxford Universe Press, pp 203-227.

Walter, H., 1986. *Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global*. EPU, São Paulo.

Yamamoto, L.F., Kinoshita, L.S., Martins, F.R., 2007. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. *Acta. Bot. Bras.* 21, 553-573.

Zapata, R.T., Arroyo, M.T.K., 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous Forest in Venezuela. *Biotropica* 10, 221-230.

Tabela 1 – Hábitos e sistemas sexuais de espécies observadas na restinga de Barreirinhas, Maranhão, Nordeste do Brasil. N = número de indivíduos, arb = arbusto, arv = árvore, erv = erva, trep = trepadeira, D = dióica, H = hermafrodita e M = monóica.

Família	Espécie	N	hábito	Sistema sexual
Acanthaceae	<i>Ruellia</i> sp.	1	arb	H
Amaryllidaceae	<i>Rhodophiala</i> sp.	15	erv	H
Anacardiaceae	<i>Anacardium microcarpum</i> Ducke	33	arv	H
Annonaceae	<i>Duguetia echinophora</i> R. E. Fries	9	arv	H
Apocynaceae	<i>Hymatanthus articulatus</i> Woods	27	arv	H
	<i>Mandevilla hirtella</i> Malme	1	trep	H
	<i>Odontadenia nitida</i> (Vahl) Müll. Arg.	3	trep	H
Asteraceae	<i>Vernonia fruticulosa</i> Mart.	5	erv	H
	<i>Wulffia baccada</i> (L.) Kuntze	11	arb	M
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea dispar</i> Bur ex K. Schum	2	trep	H
	<i>Arrabidaea florida</i> A. DC.	13	trep	H
	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart.) Standl.	10	arv	H
Bromeliaceae	indeterminada 1	4	erv	H
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March.	19	arb	D
Celastraceae	<i>Maytenus</i> sp.	13	arb	D
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	3	arv	H
	<i>Licania</i> sp.	2	arv	H
Clusiaceae	<i>Clusia rosea</i> Jacq.	6	arv	D
Commelinaceae	<i>Commelina elegans</i> HBK	4	erv	H
Convolvulaceae	<i>Ipomoea cf martii</i> Meisn.	12	trep	H
	<i>Ipomoea</i> sp.	2	trep	H
Cyperaceae	<i>Scleria bracteata</i> Cav.	4	erv	M
Dileniaceae	<i>Davilla</i> sp.	8	trep	H
Eriocaulaceae	<i>Syngonanthus umbellatus</i> (Lam.) Ruhl.	15	erv	M
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	1	arv	M
	<i>Mabea pohliana</i> (Benth.) Müll. Arg.	5	trep	M
Gentianaceae	<i>Irlbachia pratensis</i> (Kunth) L. Cobb & Maas	2	erv	H
	<i>Schultesia guianensis</i> (Aubl.) Malme	2	erv	H
	<i>Tetrapollinia caerulescens</i> (Aubl.) Maguire & BM Boom.	2	erv	H
Humiriaceae	<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) St. Hil.	42	arv	H
Lamiaceae	<i>Amasonia</i> sp.	7	erv	H
Lauraceae	<i>Cassytha filiformis</i> L.	19	erv	H
Leg./Caesalpinioideae	<i>Bauhinia</i> sp.	1	arv	H
	<i>Caesalpinia cf bracteosa</i> Tul.	1	arv	H
	<i>Copaifera aff langsdorffii</i> Desf.	16	arv	H

Continuação...

Família	Espécie	N	hábito	Sistema sexual
Leg./Papilionoideae	<i>Hymenea parviflora</i> Huber	37	arv	H
	<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.	1	erv	H
	<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	8	arb	H
	<i>Pterocarpus</i> sp.	1	arv	H
	<i>Stylosanthes gracilis</i> Kunth.	2	arb	H
	<i>Vatairea</i> sp.	6	arv	H
Loranthaceae	<i>Phthirusa pyrifolia</i> (HBK) Eichl.	41	trep	H
Lythraceae	<i>Cuphea tenella</i> Hook. & Arn.	39	erv	H
Malpighiaceae	<i>Byrsonima chrysophylla</i> Kunth.	70	arb	H
	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) HBK	90	arb	H
	<i>Heteropteris</i> sp.	7	trep	H
	<i>Stigmaphyllon paralias</i> A. Juss.	23	erv	H
Melastomataceae	<i>Comolia lythraroides</i> (Steudel) Naudin	18	erv	H
	<i>Mouriri guianensis</i> Aubl.	37	arv	H
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	28	arb	H
	<i>Myrcia obtusa</i> Schauer	25	arb	H
	<i>Myrcia sylvatica</i> (Meyer) DC.	123	arb	H
	<i>Myrcia</i> sp1.	9	arv	H
	<i>Myrcia</i> sp2.	22	arb	H
	indeterminada 2	5	arv	H
Ochnaceae	<i>Ouratea racemiformis</i> Ule	36	arb	H
Orchidaceae	<i>Catasetum discolor</i> (Lindl.) Lindl.	27	erv	D
	<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	6	erv	H
	indeterminada 3	4	erv	H
Poaceae	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	5	erv	H
	<i>Homolepis isocalycia</i> (G.Mey.) Chase	2	erv	H
Polygonaceae	<i>Coccoloba ramosissima</i> Wedd	2	arb	D
Polygalaceae	<i>Securidaca bialata</i> Benth.	7	trep	H
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	4	arv	D
	<i>Borreria</i> sp.	3	erv	H
	<i>Faramea</i> sp.	1	arb	H
	<i>Perama hirsuta</i> Aubl.	1	erv	H
	<i>Psychotria barbiflora</i> DC.	16	arb	H
	<i>Staelia</i> sp.	3	erv	H
	<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart.	17	arb	H
	<i>Matayba cf guianensis</i> Aubl.	2	arb	D
	<i>Matayba discolor</i> Radlk.	3	arb	H
Sapotaceae	<i>Manilkara triflora</i> (Allemão) Monach	14	arv	H
	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	18	arv	H
Simaroubaceae	<i>Simaba cedron</i> Planch.	18	arv	M
Theaceae	<i>Ternstroemia dentata</i> (Aubl.) Sw.	10	arv	H

Continuação...

Família	Espécie	N	hábito	Sistema sexual
Turneraceae	<i>Piriqueta cf cristoides</i> (L.) Gris	4	erv	H
	<i>Turnera ulmifolia</i> L.	3	erv	H
Verbenaceae	<i>Lippia microphylla</i> Cham.	14	arb	H
Xyridaceae	<i>Xyris paraensis</i> Poepp. ex Kunth	3	erv	H
-	indeterminada 4	2	trep	H
-	indeterminada 5	2	erv	H
-	indeterminada 6	2	arv	H
-	indeterminada 7	6	arv	H
-	indeterminada 8	3	trep	H
-	indeterminada 9	1	trep	H
-	indeterminada 10	2	arb	H
-	indeterminada 11	14	arv	H

Tabela 3 – Porcentagem de ocorrência de sistemas sexuais em Restingas no Brasil.

Estudos	Sistemas sexuais (%)		
	Hermafroditismo	Monoícia	Dioícia
total			
Este estudo	85,1	8,0	6,9
Ormond et al., 1991	75,6	10,3	14,0
Matallana et al., 2005	75	14,2	11,0
árvores			
Este estudo	84,6	7,7	7,7
Ormond et al., 1991	33,3	14,3	52,4
Matallana et al., 2005	58,9	15,0	26,2
arbustos			
Este estudo	76,2	4,8	19,0
Ormond et al., 1991	75,4	11,6	13,0
Matallana et al., 2005	72,8	7,5	19,7
ervas			
Este estudo	88,9	7,4	3,7
Ormond et al., 1991	81,8	18,2	0,0
Matallana et al., 2005	87,9	8,4	3,7
trepadeiras			
Este estudo	93,3	6,7	0,0
Ormond et al., 1991	77,2	17,5	5,3
Matallana et al., 2005	77,8	11,9	10,3

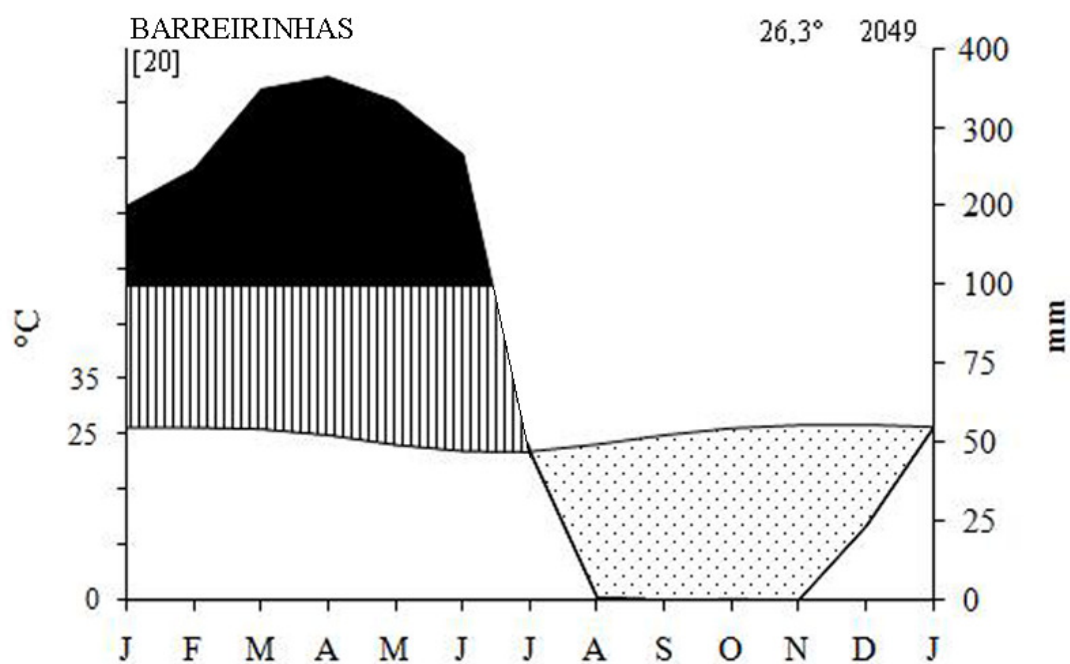


Figura 1- Diagrama climático para a região de Barreirinhas, MA, Nordeste do Brasil, no período de 1988 a 2008, segundo Walter (1986). Zona com traços: período úmido; zona pontilhada: período seco; zona preta: período super úmido, com precipitação superior a 100 mm por mês.

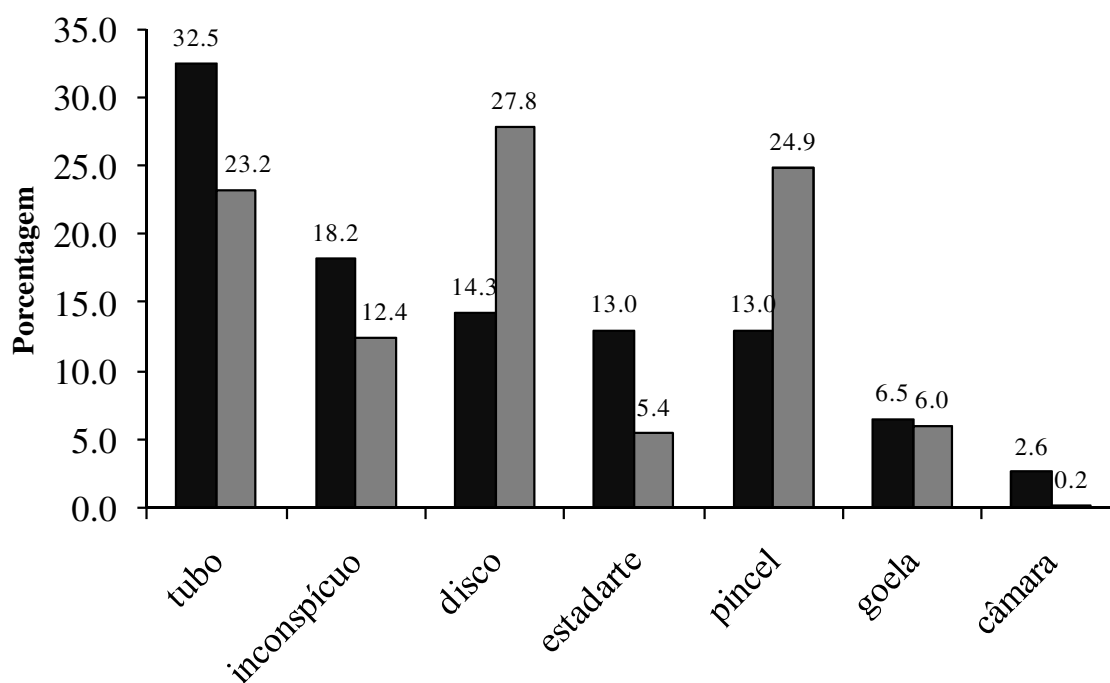


Figura 2 - Porcentagem de espécies (■) e indivíduos (■) para cada tipo floral ocorrente na restinga de Barreirinhas, Maranhão, Nordeste do Brasil.

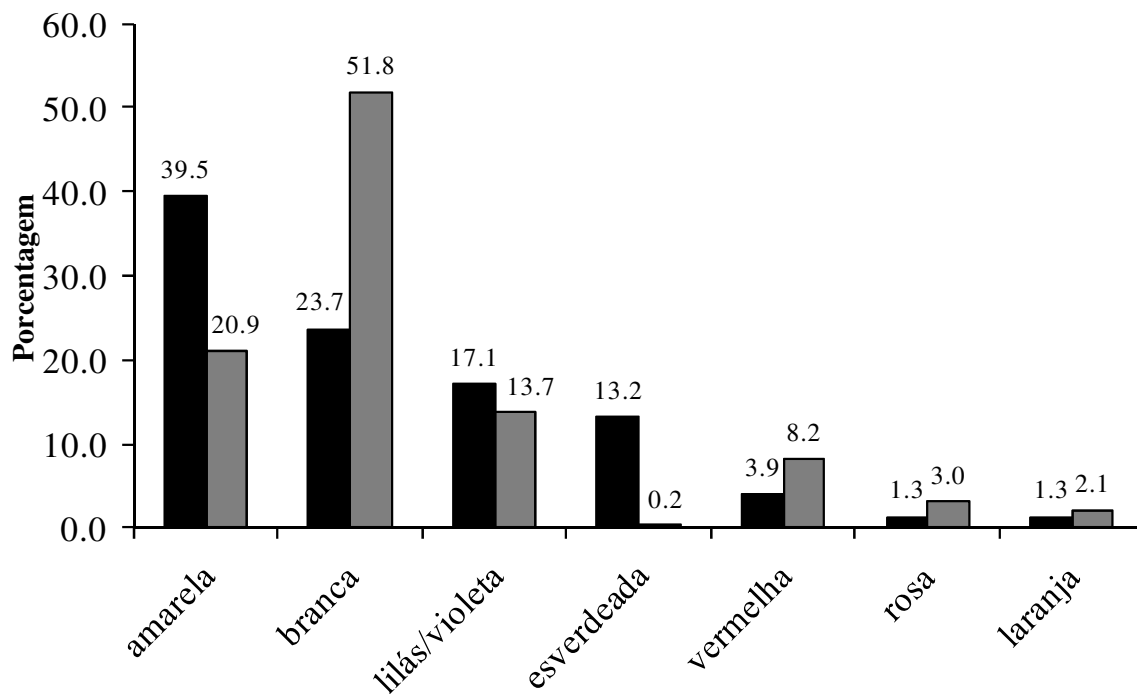


Figura 3 – Frequência de cores nas espécies (■) e indivíduos (■) ocorrentes na restinga de Barreirinhas, Maranhão, Nordeste do Brasil.

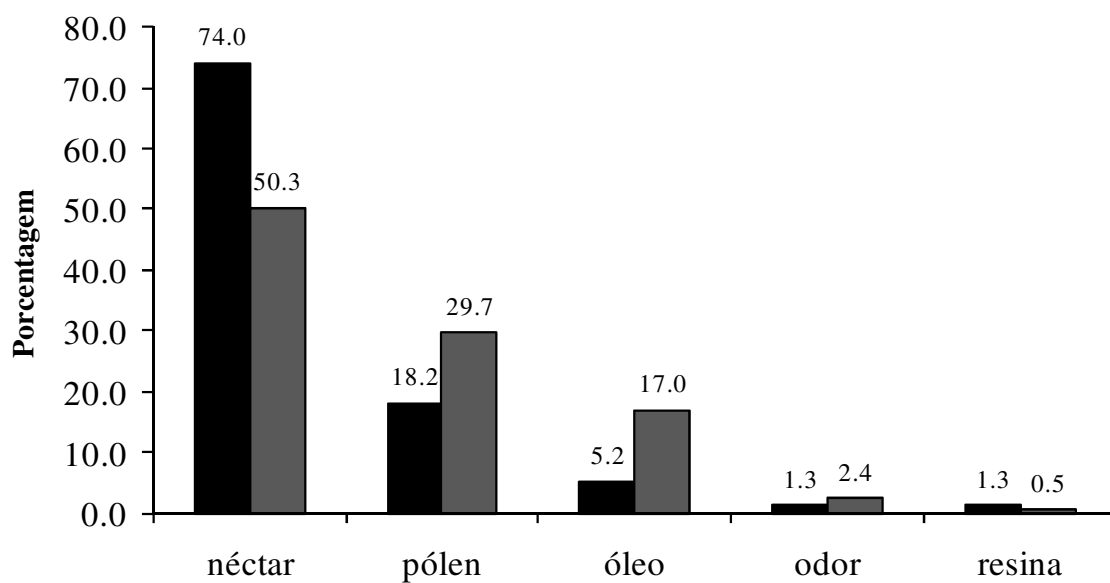


Figura 4 – Porcentagem de recursos florais em espécies (■) e indivíduos (▒) da restinga de Barreirinhas, Maranhão, Nordeste do Brasil.

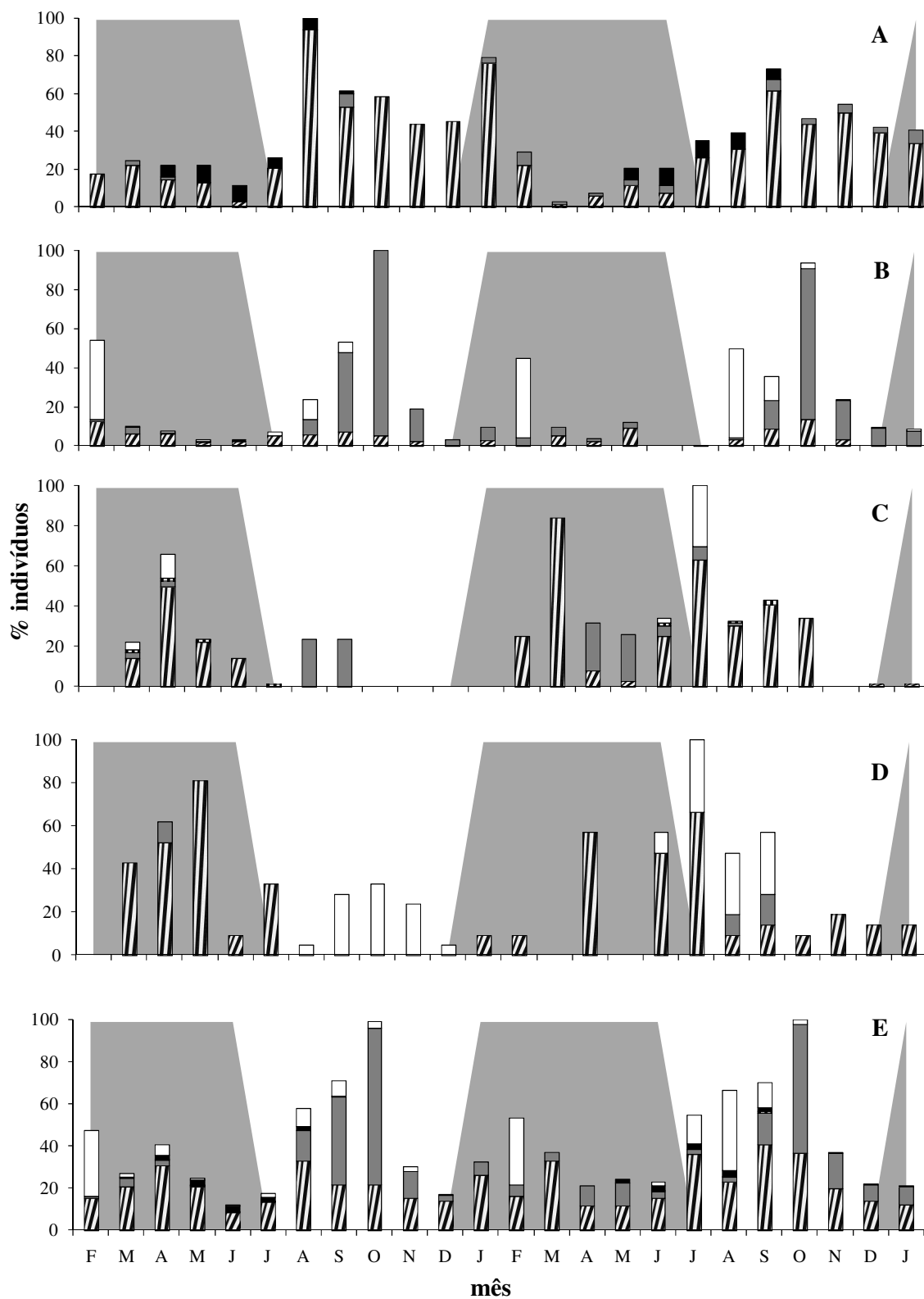


Figura 5 – Distribuição temporal de recursos florais (nectar, pólen, odor, óleo e resina) em indivíduos da restinga de Barreirinhas, Maranhão, Nordeste do Brasil, no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010. A – árvores, B – arbustos, C – ervas, D – trepadeiras e E – comunidade total. Área sombreada representa estação chuvosa.

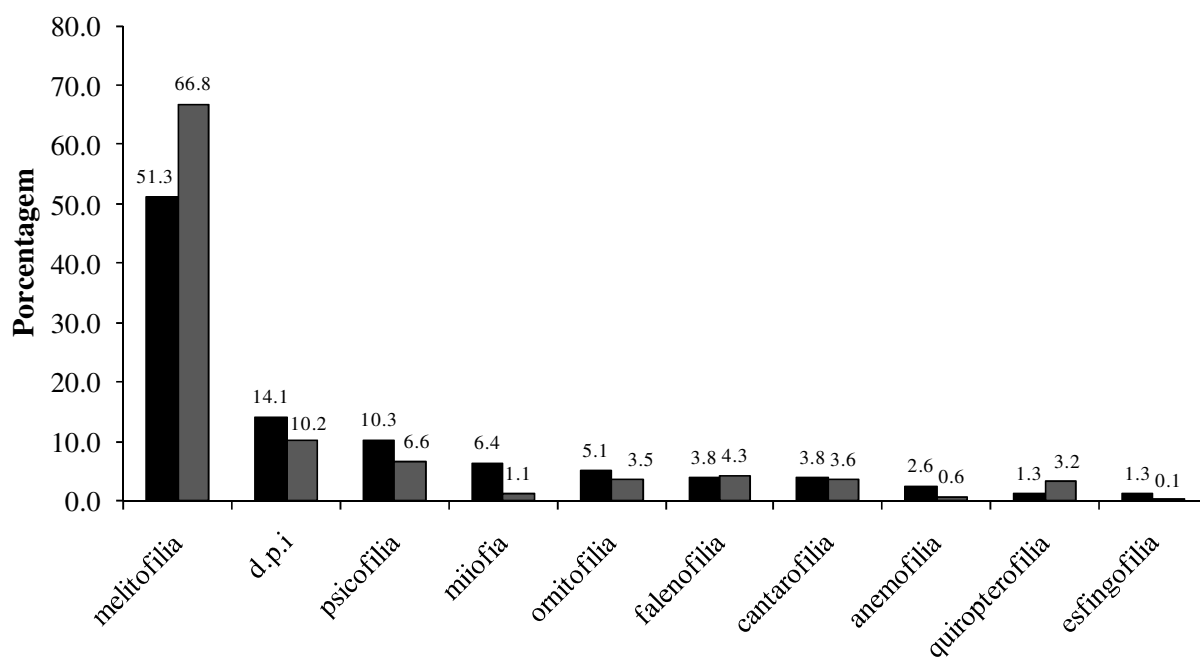


Figura 6 - Distribuição das síndromes de polinização entre as espécies (■) e indivíduos (■) observados na restinga de Barreirinhas, Maranhão, Nordeste do Brasil.

Conclusões

A comunidade vegetal da Restinga de Barreirinhas, Maranhão, Nordeste do Brasil, está caracterizada pela maioria de flores claras, actinomorfas, de tamanho pequeno e tipo tubo, característica que também pode ser observada na maioria das árvores, arbustos e trepadeiras, o que sugere relações generalistas entre espécies de plantas e polinizadores.

Existe sazonalidade em todas as fenofases observadas na área de estudo, menos a frutificação, o que pode estar relacionado ao tipo de dispersão dos frutos.

A precipitação foi o principal fator relacionado à fenologia das espécies da área de estudo.

As diferenças temporais entre os picos de atividade fenológica, bem como as diferenças encontradas na distribuição temporal de recursos florais entre os hábitos, demonstram que a presença de espécies de distintos hábitos pode promover melhor distribuição dos recursos (folhas, flores e frutos), que serão oferecidos continuamente para a fauna de polinizadores, dispersores e herbívoros.

As espécies estudadas possuem grande variedade de atributos e síndromes de polinização, no entanto, as árvores apresentaram a maior variedade destes sistemas, estando algumas síndromes restritas a este hábito.

O hermafroditismo é o sistema sexual mais encontrado em todos os hábitos, mas há um aumento de dioicia quando se leva em consideração as espécies arbóreas e, principalmente, as arbustivas. No entanto, a porcentagem diminui quando observamos o número de indivíduos, o que demonstra que a dioicia não está relacionada às espécies lenhosas dominantes deste ambiente de restinga.

As frequências dos atributos florais e reprodutivos variam entre os hábitos observados na comunidade, sugerindo que a maior quantidade de hábitos pode proporcionar maior diversidade de atributos numa comunidade.

Resumo

Os objetivos deste trabalho foram investigar as frequências dos atributos florais, das síndromes de polinização e dos sistemas sexuais, analisar a distribuição temporal dos recursos florais, comparando os diferentes hábitos (árvores, arbustos, ervas e trepadeiras), e verificar como os padrões fenológicos variam entre hábitos e como as fenofases se correlacionam com os fatores climáticos em um ambiente de Restinga no Maranhão, Nordeste do Brasil. Além disso, foram testadas as seguintes hipóteses: (1) espécies arbóreas e trepadeiras produzem flores no período seco, enquanto ervas e arbustos produzem flores na estação chuvosa; e (2) frequências dos atributos e recursos florais, das síndromes de polinização e dos sistemas sexuais variam entre os hábitos da comunidade vegetal. Para isto, 1163 indivíduos, de 88 espécies vegetais, distribuídos em quatro hábitos (árvores, arbustos, ervas e trepadeiras), foram estudados por dois anos (2008-2010) em uma Reserva Legal próxima ao Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. Todas as fenofases avaliadas na comunidade vegetal, com exceção da frutificação, apresentaram sazonalidade. A floração de árvores e arbustos ocorreu na estação seca, enquanto a de ervas e trepadeiras ocorreu na estação chuvosa. A frutificação das espécies arbóreas ocorreu, em sua maioria, na estação seca, bem como a maior porcentagem de frutificação de ervas. A frutificação de trepadeiras foi aleatória, ocorrendo na estação seca e chuvosa. A estação chuvosa apresentou maior atividade de frutificação de arbustos. Queda e brotamento de folhas ocorreram na estação seca para todos os árvores e arbustos, enquanto nas ervas ocorreu na estação chuvosa. A comunidade é caracterizada por maioria de flores claras, de tamanho pequeno, de tipo tubo (32,5% das espécies) ou disco (maioria dos indivíduos). Dentre os hábitos verificou-se a maioria de espécies com flores tubo em árvores, arbustos e trepadeiras. A simetria actinomorfa predominou dentre as espécies e indivíduos e o néctar foi o recurso mais frequente, o que

pode ser observado em todos os hábitos. Melitofilia foi a síndrome mais representativa em todos os hábitos, enquanto cantarofilia, falenofilia, esfingofilia e quiropterofilia foram observadas apenas em espécies arbóreas. Hermafroditismo foi encontrado na maioria das espécies e indivíduos observados, enquanto dioiccia foi observada em 8% das espécies e 3,7% dos indivíduos (uma espécie herbácea, duas arbóreas e quatro arbustivas). As datas médias dos picos de atividade das fenofases floração, frutificação e brotamento, e a distribuição temporal de recursos florais mostraram diferenças para cada hábito, sugerindo que a presença destes diferentes hábitos proporciona melhor distribuição temporal de recursos vegetais (folhas, flores e frutos).

Palavras-chave: Fenologia, estatística circular, atributos florais, recursos florais, síndromes de polinização, sistemas sexuais, Restinga, nordeste do Brasil

Abstract

The aims of this work were to investigate the frequencies of floral traits, pollination syndromes and sexual systems, to analyse the temporal distribution of floral resources, comparing the different habits (trees, shrubs, herbs and lianas), and to verify how phenological patterns vary among habits and how phenophases are correlated with climatic factors in a Restinga environment of Maranhão State, northeastern Brazil. Besides, the following hypotheses were tested: (1) trees and lianas produce flowers in the dry season, while herbs and shrubs produce flowers in the wet season; and (2) the frequencies of floral traits and resources, pollination syndromes, and sexual systems vary among habits of the plant community. For this, 1163 individuals, from 88 plant species, distributed in four habits (trees, shrubs, herbs and lianas) were studied for two years (2008-2010) in a Legal Reserve near the Lençóis Maranhenses National Park. All the evaluated phenophases showed seasonality. Trees and shrubs flowered in the dry season, while herbs and lianas flowered in the wet season. Most of the herbaceous and tree species fruited in the dry season, while shrubs fruited mainly in the wet season. Lianas showed a random pattern, fruiting both in the wet and dry seasons. Leaf fall and flushing occurred in the dry season for trees and shrubs, and in the wet season for herbs. The community is characterized by a predominance of pale flowers, of small size, and of tube type (32.5% of the species) or dish type (most of the individuals). Considering the habits, most of the species with tube flowers were trees, shrubs or lianas. Actinomorphic symmetry was predominant for species and individuals, and nectar was the most frequent resource, for all habits. Melittophily was the most common pollination syndrome for all habits, while cantharophily, phalenophily, sphingophily and chiropterophily were observed only in the tree species. Most of the species and individuals were hermaphroditic, while dioecy was observed in 8% of species and 3.7% of individuals (one

herb, two trees and four shrubs). The mean dates of the peak of flowering, fruiting and leaf flushing, and the temporal distribution of floral resources were different for each habit, suggesting that the presence of these different habits provide a better temporal distribution of the plant resources (leaves, flowers, and fruits).

Key words: Phenology, circular statistical, floral traits, floral resources, pollination syndromes, sexual systems, *Restinga*, northeastern Brazil

Anexos

BIOTROPICA – JOURNAL OF THE ASSOCIATION FOR TROPICAL BIOLOGY AND CONSERVATION

CHECKLIST FOR PREPARATION OF MANUSCRIPTS AND ILLUSTRATIONS (updated February 2010)

Online submission and review of manuscripts is mandatory effective 01 January 2005.

Please format your paper according to these instructions and then go to the following website to submit your manuscript (<http://mc.manuscriptcentral.com/bitr>). Contact the BIOTROPICA Office for assistance if you are unable to submit your manuscript via Manuscript Central (biotropica@env.ethz.ch).

Authors are requested to provide a **cover letter** that details the **novelty**, **relevance** and **implications** of their work, and a brief explanation of the suitability of the work for BIOTROPICA. The number of words in the manuscript should also be given in the cover letter.

Owing to limited space within Biotropica we ask authors to place figures and tables that do not have central relevance to the manuscript as online Supporting Information (SI). SI accompanies the online version of a manuscript and will be fully accessible to everyone with electronic access to Biotropica. Authors are welcome to submit supplementary information, including photographs, for inclusion as SI, although all such material must be cited in the text of the printed manuscript. The Editor reserves the right to make decisions regarding tables, figures and other materials in SI. If authors disagree with the Editor's decision, they could ask for such tables and figures to be included in the printed article on the condition that the authors cover the additional page charges incurred at the rate of US \$60 per page.

I. General Instructions

- ☐ Publication must be in English, but second abstract in other languages (such as Spanish, French, Portuguese, Hindi, Arabic, Chinese etc.) may be published as online Supporting Information. BIOTROPICA offers assistance in editing manuscripts if this is required (see English Editorial Assistance below). Second abstracts will **not** be copy-edited and the author(s) must take full responsibility for content and quality.
- ☐ Manuscripts may be submitted in the following categories, based on these suggested word limits:
 - Paper (up to 5000 words)
 - Insights (up to 2000 words)
 - Review (up to 8000 words)
 - Commentary (up to 2000 words)

Word counts exclude title page, abstract(s), literature cited, tables, figures, or appendices.

- ☐ Use 8.5" x 11" page size (letter size). Double space everything, including tables, figure legends, abstract, and literature cited.
- ☐ Use a 1" margin on all sides. Align left. Avoid hyphens or dashes at ends of lines; do not divide a word at the end of a line.
- ☐ Use standard 12 point type (Times New Roman).
- ☐ Indent all but the first paragraph of each section.
- ☐ Use italics instead of underline throughout. Italicize non-English words such as *e.g.*, *i.e.*, *et al.*, *cf.*, *ca.*, *n.b.*, *post-hoc*, and *sensu* (the exceptions being 'vs.' and 'etc.').
- ☐ Include page number in the centre of all pages. Do use line numbering starting on each page.
- ☐ Cite each figure and table in the text. Tables and figures must be numbered in the order in which they are cited in the text.

- Use these abbreviations: yr (singular & plural), mo, wk, d, h, min, sec, diam, km, cm, mm, ha, kg, g, L, g/m²
- For units, avoid use of negative numbers as superscripts: use the notation /m² rather than m⁻².
- Write out other abbreviations the first time they are used in the text; abbreviate thereafter: "El Niño Southern Oscillation (ENSO) . . ."
- Numbers: Write out one to ten unless a measurement (*e.g.*, four trees, 6 mm, 35 sites, 7 yr, 10 × 5 m, > 7 m, ± SE) or in combination with other numbers (*e.g.*, 5 bees and 12 wasps). Use a comma as a separator in numbers with **more than** four digits (*i.e.*, 1000, but 10,000); use decimal points as in 0.13; 21°C (no spaces); use dashes to indicate a set location of a given size (*e.g.*, 1-ha plot).
- Spell out 'percent' except when used in parentheses (20%) and for 95% CI.
- Statistical abbreviations: Use italics for *P*, *N*, *t*, *F*, *R*², *r*, *G*, *U*, *N*, χ^2 (italics, superscripts non-italics); but use roman for: df, SD, SE, SEM, CI, two-way ANOVA, ns
- Dates: 10 December 1997; Times: 0930 h, 2130 h
- Latitude and Longitude are expressed as: 10°34'21" N, 14°26'12" W
- Above sea level is expressed as: asl
- Regions: SE Asia, UK (no periods), but note that U.S.A. includes periods.
- Geographical place names should use the English spelling in the text (Zurich, Florence, Brazil), but authors may use their preferred spelling when listing their affiliation (Zürich, Firenze, Brasil).
- Lists in the text should follow the style: ... : (1)... ; (2)...; and (3)..., as in, "The aims of the study were to: (1) evaluate pollination success in *Medusagyne oppositifolia*; (2) quantify gene flow between populations; and (3) score seed set."
- Each reference cited in text must be listed in the Literature Cited section, and vice versa. Double check for consistency, spelling and details of publication, including city and country of publisher.
- For manuscripts ACCEPTED for publication but not yet published, cite as Yaz (in press) or (Yaz, in press). Materials already published online can be cited using the digital object identifier (doi)
- Literature citations in the text are as follows:
 - One author: Yaz (1992) or (Yaz 1992)
 - Two authors: Yaz and Ramirez (1992); (Yaz & Ramirez 1992)
 - Three or more authors: Yaz *et al.* (1992), but include ALL authors in the literature cited section.
- Cite unpublished materials or papers not in press as (J. Yaz, pers. obs.) or (J. Yaz, unpubl. data). Initials and last name must be provided. 'In prep' or 'submitted' are NOT acceptable, and we encourage authors not to use 'pers. obs.' or 'unpubl. data' unless absolutely necessary. Personal communications are cited as (K. A. Liston, pers. comm.).
- Use commas (Yaz & Taz 1981, Ramirez 1983) to separate citations, BUT use semicolon for different types of citations (Fig. 4; Table 2) or with multiple dates per author (Yaz *et al.* 1982a, b; Taz 1990, 1991). Order references by year, then alphabetical (Azy 1980, Yaz 1980, Azy 1985).
- Assemble manuscripts in this order:
 - Title page
 - Abstract (s)
 - Key words
 - Text
 - Acknowledgments (spelled like this)

Literature cited

Tables

Appendix (when applicable)

Figure legends (one page)

Figures

- ☐ For the review purpose, submit the entire manuscript, with Tables, Figure legends and Figures embedded at the end of the manuscript text, as a Microsoft Word for Windows document (*.doc), or equivalent for Mac or Linux. Do NOT submit papers as pdf files.

II. Title Page

(Do not number the title page)

- ☐ Running heads two lines below top of page.

LRH: Yaz, Pirozki, and Peigh (may not exceed 50 characters or six author names; use Yaz *et al.*)

RRH: Seed Dispersal by Primates (use capitals; may not exceed 50 characters or six words)

- ☐ Complete title, flush left, near middle of page, Bold Type and Initial Caps, usually no more than 12 words.
- ☐ Where species names are given in the title it should be clear to general readers what type(s) of organism(s) are being referred to, either by using Family appellation or common name. For example: ‘Invasion of African Savanna Woodlands by the Jellyfish tree *Medusagyne oppositifolia*’, or ‘Invasion of African Savanna Woodlands by *Medusagyne oppositifolia* (Medusagynaceae)’
- ☐ Titles that include a geographic locality should make sure that this is clear to the general reader. For example: ‘New Species of Hummingbird Discovered on Flores, Indonesia’, and NOT ‘New Species of Hummingbird Discovered on Flores’.
- ☐ Below title, include author(s) name(s), affiliation(s), and unabbreviated complete address(es). Use superscript number(s) following author(s) name(s) to indicate current location(s) if different than above. In multi-authored papers, additional footnote superscripts may be used to indicate the corresponding author and e-mail address.
Please refer to a current issue.
- ☐ At the bottom of the title page every article must include: Received ____; revision accepted ____ . (BIOTROPICA will fill in dates.)

III. Abstract Page

(Page 1)

- ☐ Abstracts should be concise (maximum of 250 words for papers and reviews; 50 words for Insights; no abstract for Commentary). Include brief statements about the intent, materials and methods, results, and significance of findings. The abstract of Insights should emphasise the novelty and impact of the paper.
- ☐ Do not use abbreviations in the abstract.
- ☐ **Authors are strongly encouraged to provide a second abstract in the language relevant to the country in which the research was conducted**, and which will be published as online Supporting Information. This second abstract should be embedded in the manuscript text following the first abstract.
- ☐ Provide up to eight key words after the abstract, separated by a semi-colon (;). Key words should be listed alphabetically. Include location, if not already mentioned in the title. See style below. Key words should NOT repeat words used in the title. Authors should aim to provide informative key words—avoid words that are too broad or too specific.

- ☐ *Key words:* Melastomataceae; *Miconia argentea*; seed dispersal; Panama; tropical wet forest.—Alphabetized and key words in English only.

V. Text

(Page 2, etc) See General Instructions above, or recent issue of BIOTROPICA (Section I).

- ☐ No heading for Introduction. First line or phrase of Introduction should be SMALL CAPS.
- ☐ Main headings are **METHODS**, **RESULTS**, and **DISCUSSION**: All CAPITALS and **Bold**. Flush left, one line.
- ☐ One line space between main heading and text
- ☐ Second level headings: SMALL CAPS, flush left, Capitalize first letter, begin sentence with em-dash, same line (*e.g.*, INVENTORY TECHNIQUE.—The ant inventory...).
- ☐ Use no more than second level headings.
- ☐ Do not use footnotes in this section.
- ☐ References to figures are in the form of 'Fig. 1', and tables as 'Table 1'. Reference to online Supporting Information is as 'Fig. S1' or 'Table S1'.

V. Literature Cited

(Continue page numbering and double spacing)

- ☐ No 'in prep.' or 'submitted' titles are acceptable; cite only articles published or 'in press'. 'In press' citations must be accepted for publication. Include journal or publisher.
- ☐ Verify all entries against original sources, especially journal titles, accents, diacritical marks, and spelling in languages other than English.
- ☐ Cite references in alphabetical order by first author's surname. References by a single author precede multi-authored works by the same senior author, regardless of date.
- ☐ List works by the same author chronologically, beginning with the earliest date of publication.
- ☐ Insert a period and space after each initial of an author's name; example: YAZ, A. B., AND B. AZY. 1980.
- ☐ Authors Names: use SMALL CAPS.
- ☐ **Every** reference should spell out author names as described above. BIOTROPICA no longer uses 'em-dashes' (—) to substitute previously mentioned authors.
- ☐ Use journal name abbreviations (see <http://www.bioscience.org/atlas/jourabbr/list.htm>). If in doubt provide full journal name.
- ☐ Double-space. Hanging indent of 0.5 inch.
- ☐ Leave a space between volume and page numbers and do not include issue numbers. 27: 3–12
- ☐ Article in books, use: AZY, B. 1982. Title of book chapter. *In* G. Yaz (Ed.). Book title, pp. 24–36. Blackwell Publications, Oxford, UK.
- ☐ Dissertations, use: 'PhD Dissertation' and 'MSc Dissertation'.

VI. Tables

(Continue page numbering)

- ☐ Each table must start on a separate page, double-spaced. The Table number should be in Arabic numerals followed by a period. Capitalize first word of title, double space the table caption. Caption should be italicized, except for words and species names that are normally in italics.
- ☐ Indicate footnotes by lowercase superscript letters (^a, ^b, ^c, etc.).
- ☐ Do not use vertical lines in tables.
- ☐ Ensure correct alignment of numbers and headings in the table (see current issues)

- ☐ Tables must be inserted as a Word table or copy and pasted from Excel in HTML format.

VII. Figure Legends

(Continue page numbering)

- ☐ Double-space legends. All legends on one page.
- ☐ Type figure legends in paragraph form, starting with 'FIGURE' (uppercase) and number.
- ☐ Do not include 'exotic symbols' (lines, dots, triangles, etc.) in figure legends; either label them in the figure or refer to them by name in the legend.
- ☐ Label multiple plots/images within one figure as A, B, C etc, as in 'FIGURE 1. Fitness of *Medusagyne oppositifolia* as indicated by (A) seed set and (B) seed viability', making sure to include the labels in the relevant plot.

VIII. Preparation of Illustrations or Graphs

Please consult <http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/illustration.asp> for detailed information on submitting electronic artwork. We urge authors to make use of online Supporting Information, particularly for tables and figures that do not have central importance to the manuscript. If the editorial office decides to move tables or figures to SI, a delay in publication of the paper will necessarily result. We therefore advise authors to identify material for SI on submission of the manuscript.

- ☐ Black-and-white or half-tone (photographs), drawings, or graphs are all referred to as 'Figures' in the text. Consult editor about color figures. Reproduction is virtually identical to what is submitted; flaws will not be corrected. Consult a recent issue of BIOTROPICA for examples.
- ☐ If it is not possible to submit figures embedded within the text file, then submission as *.pdf, *.tif or *.eps files is permissible.
- ☐ Native file formats (Excel, DeltaGraph, SigmaPlot, etc.) cannot be used in production. When your manuscript is accepted for publication, for production purposes, authors will be asked upon acceptance of their papers to submit:
 - Line artwork (vector graphics) as *.eps, with a resolution of > 300 dpi at final size
 - Bitmap files (halftones or photographs) as *.tif or *.eps, with a resolution of >300 dpi at final size
- ☐ Final figures will be reduced. Be sure that all text will be legible when reduced to the appropriate size. Use large legends and font sizes. We recommend using Arial font (and NOT Bold) for labels within figures.
- ☐ Do not use negative exponents in figures, including axis labels.
- ☐ Each plot/image grouped in a figure or plate requires a label (e.g., A, B). Use upper case letters on grouped figures, and in text references.
- ☐ Use high contrast for bar graphs. Solid black or white is preferred.

IX. Insights (up to 2000 words)

Title page should be formatted as with Papers (see above)

- ☐ No section headings.
- ☐ Up to two figures or tables (additional material can be published as online Supporting Information).

X. Appendices

- ☐ We do NOT encourage the use of Appendices unless absolutely necessary. Appendices will be published as online Supporting Information in almost all cases.

- Appendices are appropriate for species lists, detailed technical methods, mathematical equations and models, or additional references from which data for figures or tables have been derived (*e.g.*, in a review paper). If in doubt, contact the editor.
- Appendices must be referred to in the text, as Appendix S1. Additional figures and tables may be published as SI (as described above), but these should be referred to as Fig. S1, Table S1.
- Appendices should be submitted as a separate file.
- The editor reserves the right to move figures, tables and appendices to SI from the printed text, but will discuss this with the corresponding author in each case.

English Editorial Assistance

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English and to prepare the manuscript in accordance with the journal style. Biotropica provides this service at the cost of US\$ 25, - per hour. Please contact the Biotropica office at Biotropica@env.ethz.ch if you wish to make use of this service. The service is paid for by the author and use of a service does not guarantee acceptance or preference for publication.

Manuscripts that are scientifically acceptable but require rewriting to improve clarity and to conform to the Biotropica style will be returned to authors with a provisional acceptance subject to rewriting. Authors of such papers may use the Biotropica editing service at the cost of US\$ 25, - per hour for this purpose.

Most papers require between two to four hours, but this is dependent on the work required. Authors will always be contacted should there be any uncertainty about scientific meaning, and the edited version will be sent to authors for final approval before proceeding with publication.

Questions? Please consult the online user's guide at Manuscript Central first before contacting the editorial office

Phone: 0041 44 632 89 45

Editor's Phone: 0041 44 632 86 27

Fax: 0041 44 632 15 75

biotropica@env.ethz.ch

Please use this address for all inquiries concerning manuscripts and editorial correspondence.

FLORA – INSTRUCTIONS TO AUTHORS

1. FLORA publishes regular articles and reviews, the latter solicited by the editors. Only contributions will be accepted which have not been published previously.

Manuscripts should be submitted either as .doc files by email attachment or as printout in triplicate to the Editor-in-Chief: Prof. i.R. Dr. Rainer Lösch, Nebensteingasse 1, D-63739 Aschaffenburg, Germany, e-mail: Loesch.Rainer@t-online.de.
Correspondence between authors and editor occurs by preference via e-mail.

2. **Copyright.** Once a paper is accepted, authors will be asked to transfer copyright (for more information on copyright, see <http://www.elsevier.com/authorsrights>). A form facilitating transfer of copyright will be provided after acceptance. If material from other copyrighted works is included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article.

3. **Open Access.** This journal offers you the option of making your article freely available to all via the ScienceDirect platform. To prevent any conflict of interest, you can only make this choice after receiving notification that your article has been accepted for publication. The fee of \$3,000 excludes taxes and other potential author fees such as color charges. In some cases, institutions and funding bodies have entered into agreement with Elsevier to meet these fees on behalf of their authors. Details of these agreements are available at <http://www.elsevier.com/fundingbodies>. Authors of accepted articles, who wish to take advantage of this option, should complete and submit the order form (available at <http://www.elsevier.com/locate/openaccessform.pdf>). Whatever access option you choose, you retain many rights as an author, including the right to post a revised personal version of your article on your own website. More information can be found here: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

4. The manuscript will be **reviewed** by two referees, at least one of them being a FLORA Editorial Board member. Decision about acceptance of a manuscript is based upon these reviews.

5. Manuscripts should be written in **English** or **German**; publication in English is recommended. Publication in French or Spanish is possible in exceptional cases by appointment of the editor-in-chief. Authors not using their mother tongue are strongly advised to have the text reviewed by a native speaker before submission. Manuscripts should be **submitted in final form** and prepared in accordance with the journal's accepted practice, form and content. Manuscripts should be checked carefully to exclude the need for corrections in proof. They should be typed doublespaced throughout, on one side of the paper only and with wide margins.

6. The first page (**title page**) should contain the full title of the paper, the full name(s) and surname(s) of the author(s), name of laboratory where the study was carried out, and the address (incl. e-mail) of the author(s).

7. Each manuscript must be preceded by an **English title** and an **English abstract** which presents briefly the major results and conclusions of the paper. In case of not-English-written papers this summary must be more extensive as normal and may be as long as maximally 1½ printed pages. Immediately following the abstract, up to six English **key words** should be

supplied indicating the scope of the paper. **Legends of figures and tables** must be given also **in English** in the case of non-English papers.

8. Papers should be written as concise as possible; as a rule, the total length of an article must not exceed 10 printed pages; exceptions are possible only upon explicit consent of the editors.

The main portion of the paper should preferably be divided into four sections: **Introduction**, **Materials and methods**, **Results**, and **Discussion**, followed by **Acknowledgements** (if necessary) and **References**. Each section and sub-section must bear a heading.

9. **Text marking:** Names of Authors should not be written in capitals. Scientific names up to the genus are to be written in italics (*Viola alba* subsp. *alba*); plant community names are not to be printed in italics (*Seslerietum*, but *Sesleria*-slope). The SI-System of units must be used wherever possible.

10. The beginning of a paragraph should be indented. The section “References”, captions for illustrations and tables will be printed in small print (*petit*).

11. Each **table** should be typed on a separate sheet of paper resp. on a separate page of a file. Tables should be numbered consecutively in Arabic numerals, e.g. “Table 1, Table 2”, etc., and attached to the end of the text. Tables should be supplied with headings, kept as simple as possible.

12. **Figures** (including photographic prints, line drawings and maps) should be numbered consecutively in Arabic numerals, e.g. “Fig. 1, Fig. 2”, etc. and attached to the text after the tables. Legends for figures should be listed consecutively on a separate page. Plan all figures to suit a column width of 8.8 cm or a page width of 18.2 cm. Figures, in particular photographs, may be combined to a maximum plate size of 18.2 cm x 24.3 cm.

Submit illustration **files** separately from text files. Files for full color images must be in a RGB color space for online publication (e.g. at ScienceDirect). Usually, the RGB files will be converted to the CMYK color space for the print process. Elsevier recommends that only TIFF, EPS or PDF formats are used for electronic artwork. MS Office **files** (Word, Excel and Powerpoint) are also accepted. Journal quality reproduction will require greyscale and color files at resolutions yielding approximately 300 dpi. Bitmapped line art should be submitted at resolutions yielding 600-1200 dpi.

13. **Photographs** should be black-and-white, high-contrast, sharp glossy prints of the original negative and in a square or rectangular format.

Free colour reproduction. If, together with your accepted article, you submit usable colour figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in colour on the web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in colour in the printed version. Colour figures can be printed only if the costs are covered by the author (€ 250.00 for first colour figure, € 200.00 for every following colour figure). For further information on the preparation of electronic artwork, please see www.elsevier.com/locate/authorartwork.

Magnification of microphotographs should be indicated by a scale bar. Inscriptions, marks, and scale bars should preferably be drawn neatly in black ink in an appropriate size on the face of the illustrations, or appropriate fonts should be used when preparing the electronic file. When several pictures are used to produce a single plate, please ensure that they fit each other in size, are of equal contrast, and that they correspond to the caption in number and description.

14. **Line drawings** (incl. maps) should be large enough in all their details to permit a suitable reduction. Important points to note are thickness of lines, size of inscriptions, size of symbols, adequate spacing of shaded and dotted areas.

15. Figures and tables should always be mentioned in the text in numerical order. The author should mark in the margin of the manuscript where figures and tables are to be inserted.

16. When quoting **references** in the text, the following format should be used: Meyer (1999) resp. (Meyer, 1999), Meyer and Smith (1995) resp. (Meyer and Smith, 1995) or Meyer et al. (1990) resp. (Meyer et al., 1990). Several papers by the same author(s) published in the same year should be differentiated in the text, and in the list of references, by a, b, c following the year of publication. “et al.” should be used in the text in the case of more than two authors. Quotations of references from different authors within one pair of brackets must be separated by semicolons, commas are to be put between the years of publication of papers of the same author: (Meyer, 1992, 1999; Meyer and Smith, 1995; Jones et al., 1998a, b).

References should be listed alphabetically. Listings of several works by the same author should be grouped in chronological order. Then, papers of this author each with another one will follow according to the alphabetical order of the second author names, papers with three and more authors (“et al.” in the text) will then be arranged again in the chronological order. The style to be used is shown in the following examples:

a. Papers published in periodicals:

Akhalkatsi, M., Wagner, J., 1996. Reproductive phenology and seed development of *Gentianella caucasea* in different habitats in the Central Caucasus. *Flora* 191, 161–168.

Zotz, G., Patiño, S., Tyree, M.T., 1997. CO₂ gas exchange and the occurrence of CAM in tropical woody hemiepiphytes. *Flora* 192, 143–150.

b. Books:

Takhtajan, A., 1959. *Die Evolution der Angiospermen*. G. Fischer, Jena.

c. Papers published in multiauthor books:

Mathes, U., Feige, G.B., 1983. Ecophysiology of lichen symbiosis. In: Lange, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B., Ziegler, H. (Eds.), *Physiological Plant Ecology. II. Responses to the Chemical and Biological Environment. Encyclopedia of Plant Physiology. New Series*, vol. 12C, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, pp. 423–467.

The titles of books and papers in periodicals should always be quoted completely and exactly. Titles of periodicals should be abbreviated according to the usual rules listed e.g. in the World

List of Scientific Periodicals or in Biological Abstracts. The number of the volume should be given in Arabic numerals.

17. When papers are cited which were originally published in languages which use alphabets other than Latin (e.g. Russian Cyrillic etc.), then the author, title of the paper and the periodical name itself must be **transliterated** using standards like ISO 1 or ISO 2 (cf. Taxon **30**: 168–183).

18. FLORA is produced directly in **page set**. Consequently the author only receives the final page proofs for checking and approval. *Extended corrections are not more possible at this stage.*

19. Publication of an article of normal size and without color photographs in FLORA is **free of charge** to the author(s). In exchange, the **Copyright** of the article is transferred to the publisher. However, the author(s) will be free to use single figures or tables of the article in subsequent own work. The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. The PDF file is watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use. Additional offprints may be ordered when proofs are returned. Until publication of the print edition, corrected proofs will be available at online first (www.sciencedirect.com).

20. **Funding body agreements and policies.** Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors who publish in Elsevier journals to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.